

DER PHYSIK UND CHEMIE.

BAND LXXXVI.

I. Ueber Hrn. D. Brewster's neue Analyse des Sonnenlichts; von H. Helmholtz.

Hr. D. Brewster hat in einer Reihe von Aufsätzen ¹⁾ eine eigenthümliche Ansicht über die Zusammensetzung des Sonnenlichts und die Entstehung der Farben aufgestellt und zu beweisen gesucht, welche mit Recht die Aufmerksamkeit der Physiker in hohem Grade auf sich ziehen mußte, theils in Betracht des wohlverdienten Ruhms, den sich ihr Urheber in den optischen Wissenschaften erworben hat, theils wegen den neuen Thatsachen, welche er zur Unterstützung seiner Behauptungen anführt. Das Sonnenlicht soll nach ihm aus dreierlei Arten von Licht, rothem, gelbem und blauem, zusammengesetzt seyn, und jeder dieser Lichtarten sollen Strahlen von allen den Abstufungen der Brechbarkeit zukommen, welche sich im prismatischen Spectrum vorfinden, jedoch so, daß das rothe Licht mehr Strahlen von geringerer Brechbarkeit, das gelbe mehr von mittlerer, das blaue mehr von größerer liefert, daher des erste am weniger brechbaren Ende des Spectrums überwiegt, das zweite in der Mitte, das dritte am brechbaren Ende. Die übrigen Farbentöne des Spectrums Orange, Grün, Violett sollen durch Mischung der drei Grundfarben entstehen. Das Prisma kann immer nur solche

1) *Description of a Monochromatic Lamp with Remarks on the Absorption of the Prismatic Rays*, in *Transactions of the R. Soc. of Edinb. Vol. IX. P. II. p. 433.*

On a New Analysis of Solar Light. Ibid. Vol. XII. P. I. p. 123.

Reply to the Astronomer R. on the New Anal. of Solar Light. Philos. Magaz. Vol. XXX. p. 153.

Observation on the Analysis of the Spectrum by Absorption. Ibid. Vol. XXX. p. 461.

Remarks on the Elementary Colours of the Spectrum. Ibid. Vol. XXXII. p. 489.

Strahlen von einander trennen, welche ungleiche Brechbarkeit besitzen, wenn es aber verschiedenfarbige Strahlen von gleicher Brechbarkeit giebt, so muß sich natürlich für die prismatische Analyse das aus ihnen zusammengesetzte Licht wie einfaches verhalten. Dagegen, behauptet Brewster, ließen sich solche Strahlen durch ihre verschiedene Absorption in gefärbten Mitteln von einander trennen, und er hat versucht mit Hülfe dieser Methode den Nachweis zu führen, daß in allen Theilen des Sonnenspectrums Licht von allen drei Farben, also auch aus diesen drei Farben zusammengesetztes weißes Licht vorkäme. Die Thatfachen, auf welche er sich dabei stützt, sollen beweisen, daß Licht, welches in Newton's Sinne homogen ist, d. h. nur Strahlen von einer Brechbarkeit (und Wellenlänge) enthält, beim Durchgang durch gefärbte Mittel zuweilen Veränderungen seiner Farbe erleidet, während die von Newton aufgestellte und allgemein verbreitete Theorie behauptet, daß die Farbe des homogenen Lichtes nur von seiner Brechbarkeit (oder Wellenlänge) abhängig sey, und solches Licht wenn es durch gefärbte Media gehe, zwar geschwächt oder ausgelöscht, aber nie in seiner Farbe verändert werden könne. Wir müssen Hrn. D. Brewster zugeben, daß wenn ein einziger Fall constatirt würde, wo die Farbe von homogenem Licht durch Absorption in einem gefärbten Medium sich veränderte, wir Newton's Theorie verlassen und dafür seine oder wenigstens eine ihr ähnliche annehmen müßten.

Ich bemerke hier zunächst, daß die Anzahl und Art der von Brewster angenommenen Grundfarben nur auf indirecten Schlüssen beruht. Er hat in dieser Beziehung die ziemlich allgemein angenommene Theorie der Farbmischung beibehalten, wonach aus den drei Farben Roth, Gelb und Blau alle anderen zusammenzusetzen seyen, Gelb und Blau namentlich zusammen Grün gäben. Ich habe an einem anderen Orte ¹⁾ gezeigt, daß diese Theorie nur nach den Resultaten der Mischung der Farbstoffe gebildet ist,

1) Ueber die Theorie der zusammengesetzten Farben. Müller's Archiv für Anatomie u. Physiologie 1852.

dafs Mischung der Farbstoffe aber durchaus nicht eine einfache Zusammensetzung ihres farbigen Lichtes hervorbringt, und dafs namentlich gelbes Licht mit blauem vereinigt nicht Grün, sondern Weiss giebt. Die drei Farben Roth, Gelb und Blau können also kein Grün zusammensetzen, und müßten, wenn man bei drei Grundfarben stehen bleiben will, durch andere, etwa Roth, Grün und Violett, ersetzt werden, denselben, welche schon Th. Young aufgestellt hat. Dadurch würde übrigens Brewster's Theorie keine sehr wesentliche Veränderung erleiden, sondern es würden nur einzelne Schlüsse etwas abgeändert werden müssen. Ich will deshalb hier nicht näher darauf eingehen, sondern mich darauf beschränken, die Frage zu untersuchen: »Wird die Farbe homogenen Lichtes durch gefärbte Mittel verändert, oder nicht?

Es haben bisher Airy¹⁾, Draper²⁾ und Melloni³⁾ die Ansichten Brewster's zu widerlegen versucht. Der erstere hob namentlich hervor, dafs dieser Physiker bei der von ihm angewandten Methode der Beobachtung nicht gleichzeitig die durch Absorption veränderten und unveränderten Farben vor Augen gehabt habe und sich deshalb in der Vergleichung ihrer Unterschiede habe täuschen können. Brewster antwortete darauf, und ich kann aus eigener Erfahrung ihm beistimmen, dafs bei seiner Beobachtungsmethode die Veränderungen der Farben meistens auffallend genug sind, um ohne Schwierigkeit von Jedermann erkannt zu werden. Draper und Melloni sprachen ihren Zweifel aus, ob das von Brewster angewendete Spectrum hinreichend rein gewesen sey, und ob nicht die einzelnen Farbenstreifen beträchtlich über einander gegriffen haben. Aus den Angaben, welche Brewster in seinen Erwiderungen auf diese Angriffe über seine Methode macht, geht aber in der That hervor, dafs ein solches

1) *Philos. Magac. Vol. XXX p. 73. Pogg. Ann. Bd. 71, S. 393.*

2) *Silliman J. 1847. Vol. IV. p. 388. Phil. Mag. XXX. p. 345.*

3) *Bibl. univ. d. Genève. Août 1847. Phil. Mag. XXXII. p. 262.*

Pogg. Ann. Bd. 75, S. 62.

Uebereinandergreifen der Farben nicht stattfand; auch haben seine späteren Versuche über die Anzahl der Fraunhofer'schen Linien im Sonnenspectrum gezeigt, daß ihm viel vollkommenere Mittel zur Trennung der Strahlen von verschiedener Brechbarkeit zu Gebote stehen, als selbst Fraunhofer oder vielleicht irgend einem anderen Physiker. Und in der That lehrte mich eine sorgfältige Wiederholung wenigstens der wichtigsten von seinen Versuchen, welche ich genau nach seiner Methode und mit Berücksichtigung aller bisher für nöthig gehaltenen Vorsichtsmaafsregeln angestellt habe, daß die Thatsachen, welche er gesehen zu haben behauptet, vollkommen richtig beschrieben sind, wie man es übrigens von einem so bewährten Beobachter nicht anders erwarten konnte. Aber ich glaube seine Deutung dieser Versuche durch Gründe widerlegen zu können, welche bisher noch nicht zur Sprache gekommen sind, und wodurch die scheinbaren Widersprüche gegen Newton's Ansicht aufgehoben werden.

Es ist sehr zu bedauern, daß Brewster nirgends eine detaillirte Beschreibung seiner Beobachtungsmethode gegeben hat. Daher ist es gekommen, daß Draper und Melloni ihm in ihren Voraussetzungen darüber Unrecht thun konnten, und deshalb muß ich auch von vorn herein um Verzeihung bitten, falls ich den Einfluß von Fehlerquellen besprechen sollte, welche er in der That bei der Anstellung seiner Versuche schon vermieden hatte. Ich entnahm theils aus den Antworten, welche er seinen Gegnern gegeben hat, theils aus der Darstellung in seinem *Treatise on Optics, London 1831*, über seine Methode Folgendes. Er brachte in dem Laden eines dunklen Zimmers einen schmalen Spalt an, und betrachtete diesen durch ein stark brechendes Prisma mit bloßem Auge ohne Fernrohr, wobei er in dem an Stelle des Spalts erscheinenden Spectrum die (stärkeren) Fraunhofer'schen Linien sehen konnte. Dann schaltete er zwischen Auge und Prisma das absorbirende farbige Mittel ein, und erblickte nun das veränderte Spectrum. Außerdem wiederholte er die Versuche

auch mit Spectren, in denen durch Interferenz eine Anzahl dunkler Streifen entstanden waren, wodurch die verschiedenen Farben noch augenfälliger gesondert wurden. Brewster sagt nichts darüber, ob er directes Sonnenlicht oder nur reflectirtes Licht des Himmels durch den Spalt im Fensterladen auf das Prisma fallen liefs. Wir müssen jedoch annehmen, dafs er in den meisten Fällen das erstere anwendete; denn wenn der Spalt hinlänglich eng ist, um die Fraunhofer'schen Linien zu zeigen, werden die durch farbige Mittel veränderten Farbenstrahlen, auf die es bei seinen Versuchen ankommt, meist so lichtschwach, dafs sie nur bei Anwendung von directem Sonnenlicht deutlich gesehen werden können.

Die Zweifel, welche sich mir bei Wiederholung dieser Versuche aufdrängten, beziehen sich erstens darauf, ob sich nicht geringe Mengen von weifsem zerstreuten Licht in das Spectrum einmischen, und zweitens, ob das Auge unter den obwaltenden Umständen nicht durch physiologisch optische Einflüsse gehindert werde, die Farben richtig zu beurtheilen. Was den ersteren Zweifel betrifft, so kann man allerdings bei Brewster's Methode alles Licht mit Ausnahme dessen, was durch den Spalt einfällt, vollkommen abhalten; man kann durch ein gutes, stark brechendes Prisma, oder eine Verbindung von zwei solchen und Anwendung eines engen Spaltes, das Sonnenlicht, in so weit es regelmäfsig gebrochen wird, sehr vollständig in seine verschiedenfarbigen Strahlen sondern, so dafs diese im Spectrum durchaus nicht in einander greifen, aber man mufs in diesem Falle daran denken, dafs ein, wenn auch kleiner, Theil des Lichts andere Wege, als die durch die regelmäfsige Brechung bedingten einschlagen könne. Zunächst verdient hier die Zerstreuung des Lichts an den Gränzflächen und in der Masse des Glases Beachtung.

Betrachtet man ein Glasstück, sey es ein Prisma oder eine Linse, von noch so klarer und regelmäfsiger Masse und noch so vollkommener Politur, gegen einen dunkeln Grund und direct von der Sonne beschienen, so sieht man

immer eine große Zahl glänzender Pünktchen im Innern und kleine Stäubchen und Risse an der Oberfläche, welche eine merkliche Menge Licht unregelmäßig zerstreuen, und dem Ganzen ein rauchiges Ansehen geben. Um eine solche Prüfung recht genau anzustellen, lasse man Sonnenlicht durch die Oeffnung eines dunklen Schirms auf das zu untersuchende Glasstück fallen, und bringe dann das Auge nahezu in die Richtung der hindurchgegangenen Strahlen, so daß diese nicht hineinfallen, aber doch dicht daran vorübergehen. Es erscheinen dann die kleinen Unregelmäßigkeiten der Oberfläche und Masse glänzend erleuchtet auf dem dunklen Hintergrunde des Schirms. Die von mir angewendeten Flintglasprismen, von Plössl verfertigt, dem Hrn. Prof. Neumann zugehörig, welche die Fraunhofer'schen Linien mit Hülfe eines Fernrohrs in sehr großer Vollkommenheit und Zahl zeigten ¹⁾, waren nicht frei von solchen kleinen Unregelmäßigkeiten. Auch Brewster hat diesen Punkt nicht ganz unberücksichtigt gelassen, denn er führt in seiner Antwort gegen Draper an, daß er außer den schönsten Glasprismen auch Steinsalzprismen von solcher Homogenität und Reinheit gebraucht habe, daß beim Hindurchsehen die Substanz der Prismen unwahrnehmbar war, aber er giebt leider nicht an, ob er die Prüfung ihrer Reinheit auch gegen die Sonne gewendet, so wie ich es eben beschrieb, angestellt habe; auf diese Weise werden viele Fehler sichtbar, die man im Tageslichte gar nicht entdeckt. Zu bedenken ist, daß bei den Versuchen die Prismen wirklich in eine ähnliche Stellung zwischen Auge und Sonne kommen, wie bei der angegebenen Methode, sie zu prüfen. Mir standen dergleichen Steinsalzprismen nicht zu Gebote, ich kann deshalb auch nicht über den zu erreichenden Grad ihrer Vollkommenheit urtheilen.

Der zweite zu berücksichtigende Umstand ist die mehrfache Reflexion des Lichts im Prisma. Bei den meisten

1) So lösten sie zum Beispiel die Linie *D* in die zwei sehr nahe an einander stehenden Linien auf, aus denen sie besteht.

zu Dispersionsversuchen gebrauchten Prismen sind nur die beiden brechenden Flächen polirt, die anderen drei mattgeschliffen. Legt man ein solches Prisma auf eine dunkle Unterlage so, daß die mattgeschliffene Fläche erleuchtet ist, so sieht man im Innern des Prisma eine Reihe von Spiegelbildern dieser Fläche. Die beiden polirten Flächen wirken nämlich wie ein Winkelspiegel, welcher eine Reihe kreisförmig gestellter Bilder eines zwischen seinen Schenkeln liegenden Gegenstandes, hier der dritten Fläche, liefert, und man sieht in unserem Falle durch eine der spiegelnden Flächen selbst hindurch in das Innere hinein. Die Spiegelbilder der dritten Fläche erscheinen ganz in derselben Richtung, wie die Spectra, welche man durch das Prisma hindurch sieht, und da ein Theil des einfallenden Lichts gewöhnlich auch auf die dritte Fläche fällt, und sie wie ihre Spiegelbilder erleuchtet, so wird dadurch ein schwacher weißer Schein erzeugt, der sich über das Spectrum ausgießt. Die Menge des gespiegelten Lichtes ist allerdings sehr gering, und wird gewöhnlich neben dem regelmäfsig gebrochenen gar nicht bemerkt. Um es zu beseitigen, ist es nöthig, alle Flächen des Prisma mit Ausnahme der beiden brechenden gut zu schwärzen.

Wenn man die färbenden Medien zwischen Prisma und Auge einschaltet, ist zu bedenken, daß auch in diesen noch Licht diffus zerstreut wird, falls die Politur ihrer Oberfläche und die Reinheit ihrer Masse nicht ganz vollkommen sind. Brewster hat als gefärbte Mittel meist farbige Glasplatten oder Flüssigkeiten, natürlich zwischen zwei Glasplatten eingeschlossen, gebraucht. Von der Reinheit der Gläser habe ich eben gesprochen; aber auch von den Flüssigkeiten z. B. dem destillirten Wasser wissen wir, daß es durch Schichten von einer gewissen Tiefe Licht nur neblig durchscheinen läßt, d. h. einen Theil davon zerstreut. Ausserdem kommen dann noch die Reflexionen zwischen den beiden Oberflächen der farbigen Mittel, und zwischen ihnen und der Hornhaut des beobachtenden Auges in Betracht. Wenn die eingeschaltete farbige Platte

parallele Flächen hat, werden durch die in ihrem Innern mehrfach reflectirten Strahlen secundäre Bilder des Spectrum entstehen, welche fast vollständig mit dem ursprünglichen Bilde zusammenfallen, und nicht viel schaden können. Sind die Flächen nicht parallel, so wäre es bedenklicher, es könnten dann schon die Farben der secundären Bilder auf andere Farben des primären fallen. Dazu kommt, daß das einfallende Licht theilweise an der Hornhaut reflectirt wird, der Hornhautreflex sich wiederum in der vor das Auge gesetzten Glasplatte spiegelt, und dieses Spiegelbild, weil es dem beobachtenden Auge zu nahe ist, als ein heller Schein im Gesichtsfelde erscheinen muß. Dieser Umstände wegen halte ich es für gerathener, die gefärbten Media nicht zwischen Prisma und Auge, sondern zwischen Lichtquelle und Spalt zu setzen. Es wird dadurch eine bedeutende Menge zerstreuten Lichtes im Gesichtsfelde beseitigt.

Die Anführung aller dieser Umstände erscheint vielleicht pedantisch, und ich gebe zu, daß die unregelmäßig gebrochenen Strahlen allerdings nur einen äußerst winzigen Theil des einfallenden Lichts bilden, der viel zu unbedeutend ist, um unter gewöhnlichen Verhältnissen das Aussehen des Spectrum merklich zu verändern. Indessen wird sich zeigen, daß er nicht zu winzig ist, um nicht zu solchen Farben des Spectrum, welche durch Absorption ebenfalls in sehr hohem Grade geschwächt sind, hinzuge-mischt, deren Farbenton merklich zu verändern.

Die bisher besprochenen Umstände sind von der Art, daß sie möglicher Weise bei der Ausführung von Brewsters Methode beseitigt werden können. Vielleicht giebt es Prismen, deren Reinheit jede Prüfung aushält; sie können passend geschwärzt, die farbigen Mittel vor den Spalt gesetzt werden; dann würde wirklich nur regelmäÙig gebrochenes Licht zum Auge kommen. Nicht zu beseitigen sind aber dabei ganz ähnliche Fehlerquellen, welche im Auge selbst ihren Sitz haben. Ich mache darauf aufmerksam, daß wenn sehr helles Licht irgend einer Art auf eine

Stelle der Netzhaut fällt, Licht gleicher Art als ein schwächerer Lichtnebel über einen grossen Theil des Gesichtsfeldes verbreitet erscheint. Die Erscheinung ist leicht zu beobachten. Man stelle des Abends ein Licht in der Nähe irgend eines grösseren schwarzen Feldes auf, z. B. neben einer Thür, die in ein dunkles Nebenzimmer geöffnet ist, und beobachte aufmerksam den Grad der Dunkelheit dieses Feldes, während man sich das Licht mit dem Finger abwechselnd verdeckt und freilässt. Man wird leicht bemerken, dass so oft die Lichtstrahlen frei in das Auge fallen, ein weisslicher Schein auf dem schwarzen Felde erscheint, welcher in der Nähe des Lichtes heller ist, sich aber schwächer auch über ziemlich entfernte Theile des Gesichtsfeldes erstreckt. Dasselbe beobachtet man auch, wenn Tageslicht, und in der auffallendsten Weise, wenn directes Sonnenlicht durch eine Oeffnung eines schwarzen Schirms in das Auge gelangt. Bedeckt man die Oeffnung mit einem farbigen Glase, so hat der Lichtschein ebenfalls die Farbe des Glases. Ich habe diese Erscheinung sowohl mit meinen eigenen, in gutem Zustande befindlichen Augen gesehen, als auch vielen anderen Personen gezeigt. Dass die Brechung und Beugung des Lichts an den Wimperhärcchen nicht daran Schuld ist, lässt sich durch das Fortbestehen der Erscheinung bei weit auseinander gezogenen Lidern beweisen.

Was die Ursache dieses Phänomens betrifft, so ist es von früheren Beobachtern, welche Aehnliches bemerkten, meist für rein subjectiv gehalten worden; man glaubte es aus einer Uebertragung der Reizung auf die benachbarten Fasern der Netzhaut erklären zu müssen. Es lassen sich aber auch Ursachen nachweisen, welche bewirken müssen, dass ein kleiner Theil objectiven Lichtes sich im Auge zerstreut, und solche Stellen der Retina trifft, welche von dem regelmässig gebrochenen Lichte nicht getroffen werden. Dazu gehört erstens unzweifelhaft die Diffraction des Lichts in der Pupille. Wenn Licht durch eine enge Oeffnung, oder auch nur am Rande eines dunkeln Körpers

vorbeigeht, wird immer ein kleiner Theil desselben abgelenkt. Nun ist die Pupille im Verhältniß zur Brennweite des Auges allerdings zu groß, als daß Diffractionsringe gebildet, und ein verhältnißmäßig beträchtlicher Theil des Lichts zerstreut werden sollte, wie es durch sehr kleine runde Oeffnungen geschieht, die man dicht vor das Auge hält, aber es kann die Diffraction dadurch doch nicht ganz aufgehoben seyn. Zweitens kann es fraglich erscheinen, ob die Augenmedien für absolut klar gehalten werden dürfen, da sie theils aus mikroskopischen Zellen und Fasern zusammengesetzt sind, wie die Hornhaut und Linse, theils von einer großen Zahl feiner Häutchen durchzogen zu seyn scheinen, wie der Glaskörper. Außerdem verräth sich die Anwesenheit kleiner Unregelmäßigkeiten der Structur in den hintern Theilen des Glaskörpers bekanntlich durch die sogenannten Mücken des Gesichtsfeldes, und es möchten ähnliche in den übrigen Theilen des Auges nicht fehlen. Auch dadurch muß Licht zerstreut werden. Endlich kommt noch in Betracht, daß, wie der von mir construirte Augenspiegel ¹⁾ lehrt, ziemlich viel Licht von den erleuchteten Stellen der Retina nach der Pupille zurückkehrt, und an der Vorderfläche der Hornhaut zum Theil ebenso und zwar nach hinten zurückgespiegelt werden muß, wie es mit dem in das Auge einfallenden Lichte der Fall ist. Daß also von dem in das Auge einfallenden Lichte ein Theil noch auf andere Theile der Netzhaut abgelenkt werden muß, scheint mir nicht zweifelhaft zu seyn; ob daneben auch noch eine Ausbreitung der Nervenreizung in der Netzhaut stattfindet, läßt sich ohne weitere Untersuchungen nicht entscheiden, für unsern Zweck ist es indessen gleichgültig, ob sich objectives Licht oder nur die subjective Empfindung davon über die Netzhaut ausbreite.

Ich werde jetzt nachzuweisen suchen, daß eines der auffallendsten von Brewster's Resultaten in der That von einer Vermischung des regelmäsig gebrochenen Lichtes mit

1) S. meine »Beschreibung eines Augenspiegels zur Untersuchung der Netzhaut im lebenden Auge«. Berlin, 1851.

solchen herrührt, welches theils auferhalb theils innerhalb des Auges unregelmäßig zerstreut ist. Ich meine die angebliche Isolation weissen Lichtes im Gelb des Spectrum durch Glas, welches mit Smalte blau gefärbt ist. Es ist bekannt, daß durch solches Glas einige dunkle Streifen in der weniger brechbaren Hälfte des Spectrum erzeugt werden. Es bleiben zwischen ihnen mehrere farbige Bänder stehen, nämlich 1) das äußerste Roth, die Linien A und B umfassend, ganz ungeschwächt; 2) ein Band von röthlichem Orange zwischen den Linien c und D, äußerst schwach; 3) ein gelbes Band, an dem einen Rande in das Orange, am andern in Grün ziehend, weniger geschwächt als das vorige. Zwischen diesem Gelb und dem Grün befindet sich ein nicht ganz dunkler Zwischenraum, während Blau und Violett wieder fast ungeschwächt erscheinen. Brewster macht nun darauf aufmerksam, daß während die ursprüngliche Farbe des gelben Bandes ein reiches Gummiggelb sey, derselbe durch eine gewisse Dicke des blauen Glases mattgelb, durch eine noch gröfsere Dicke weifsgrünlich aussehe, und daß die letztere Farbe sich durch fernere Einschaltung von andern Farbstoffen, namentlich Kupferlösungen und rother Tinte endlich in Weifs verwandeln lasse. Dieses Weifs, behauptet er ferner, sey durch das Prisma nicht zu zerlegen, aber, wenn ich den Sinn seiner Ausdrücke richtig begriffen habe, hat er das niemals durch ein zweites Prisma erprobt, was überdies ohne erhebliche Abänderungen der Methode gar nicht auszuführen war, sondern schliesst es nur daraus, daß dieses weisse Licht unzerlegt durch das erste Prisma gegangen sey.

Das blaue Glas, welches mir zu Gebote stand, zeigte die von Brewster angegebenen Erscheinungen in folgender Weise. Durch eine Platte gesehen war der gelbe Streifen im Spectrum des Tageslichtes sehr lichtschwach weifslich und etwas grünlich gelb, im Spectrum der der Sonne zunächst liegenden Stellen des Himmels dagegen von sehr reinem glänzenden Gelb. Durch zwei Platten gesehen, verschwand er im Tageslicht gänzlich, im directen

Sonnenlicht sah er fast weifs aus, und zog sich bei gröfserer Lichtstärke in das Grüngelbe, bei schwächerer in das Blaue. Neben diesem mäfsig hellen Streifen hat natürlich das Blaue und Violett des Spectrum eine blendende Helligkeit, und auch der Streifen des äufsersten Roth ist sehr lichtstark. Durch drei Platten im directen Sonnenlichte wurde das gelbe Band blauweifs. Die Aenderung der Farbe war etwas geringer, wenn die Platten nicht zwischen Prisma und Auge, sondern vor den Spalt, d. h. zwischen Lichtquelle und Spalt gesetzt wurden. Bedenken wir nun, dafs die Sonne über 50000mal heller ist als die hellste von ihr erleuchtete weifse Fläche, und dafs das Gelb im ursprünglichen Spectrum für das Auge die ganz unerträgliche Helligkeit der Sonne hat, durch zwei blaue Glasplatten aber wie eine mäfsig stark beleuchtete Papierfläche erscheint, so wird es in Ermangelung genauerer Messungen nicht sehr entfernt von der Wahrheit seyn, wenn wir annehmen, dafs der hundertste Theil des Gelb durch eine, der zehntausendste durch zwei Glasplatten gehe. Wenn auch nur der zehntausendste Theil des ungeschwächt durch die Glasplatten gehenden farbigen Lichts wegen der besprochenen Unregelmäfsigkeiten der Brechung auf die Stelle der Netzhaut fällt, welche gleichzeitig das Gelb aufnimmt, so müssen wir Mischungen bekommen, deren Farbe sich bedeutend vom reinen Gelb entfernt. Durch Zumischung von indigblauem Lichte zum Gelben geht letzteres aber wirklich, wie ich in meiner Untersuchung über die zusammengesetzten Farben gezeigt habe, erst in weifliches Gelb, dann in Weifs, endlich in bläuliches Weifs über. Die dem Gelb im Spectrum des Smaltglases zunächst stehenden Farben Roth und Grün, können durch verschieden starke Einmischung das Weifs noch etwas in Roth oder Grün verändern, und so alle die Farbenstufen erzeugen, welche man durch verschiedene Dicken des blauen Glases sieht.

Da man nun bei Brewster's Methode stets alle Theile des Spectrums, geschwächte und ungeschwächte, vor sich hat, und deshalb die unregelmäfsige Zerstreuung der hel-

leren Farben im Auge nicht verhindern kann, so kommt es darauf an, seine Versuche nach einer anderen Methode zu wiederholen, wobei man die störenden Farben aus dem Gesichtsfelde ganz oder fast ganz entfernen kann. Betrachtet man das Spectrum durch ein Fernrohr, so kann man zwar leicht jede gewünschte Farbe isolirt erscheinen lassen, aber die unregelmäßigen Brechungen und Reflexionen des Lichts ausserhalb des Auges werden durch die Gläser des Fernrohrs vermehrt. Die Farbenveränderungen des gelben Streifen fand ich bei isolirter Betrachtung desselben im Fernrohre zwar schwächer, aber sie waren doch noch vorhanden. Eine andere Methode gab mir aber vollkommen gute Resultate. Sie ergiebt sich unmittelbar aus der von Brewster, wenn man durch den Spalt nicht unverändertes Sonnenlicht, sondern schon durch ein anderes Prisma gebrochenes und zwar davon allein diejenigen Strahlen einfallen läßt, deren Farbenveränderung untersucht werden soll. Mein Verfahren ist folgendes: Von einem Spiegel reflectirte Sonnenstrahlen fallen durch einen ersten verticalen Spalt in ein dunkles Zimmer und auf ein verticales Prisma. Unmittelbar hinter diesem steht eine Linse, welche das zu einem Spectrum ausgebreitete Bild des ersten Spaltes auf einem Schirme entwirft. In diesem befindet sich ein sehr feiner verticaler zweiter Spalt. Das Licht von demjenigen Farbenstreifen des Spectrums, welcher gerade auf diesen Spalt fällt, geht durch den Schirm hindurch, das übrige wird abgeschnitten. Der Beobachter steht hinter diesem zweiten Schirme, dessen Rückseite gut geschwärzt, am besten mit schwarzem Sammt überzogen ist, und betrachtet den Spalt durch ein zweites, möglichst vollkommenes Prisma. Wenn im ersten Prisma und der Linse gar kein Licht zerstreut würde, so würde nur homogenes Licht einer bestimmten Farbe auf und durch den zweiten Spalt fallen, und diess eben wegen seiner Homogenität durch das zweite Prisma angesehen kein Spectrum bilden, sondern als ein ebenso schmaler Streifen wie mit bloßem Auge erscheinen. Da aber gleichzeitig ein wenig weißes

unregelmäßig gebrochenes Licht einfällt, so bildet dieses ein sehr lichtschwaches Spectrum, in welchen sich nur ein einzelner Farbenstreifen, der des regelmäßig gebrochenen Lichtes sehr glänzend darstellt. Wenn nun auch im zweiten Prisma und im Auge wiederum etwas Licht zerstreut wird, so besteht dies hauptsächlich aus dem des hellen Streifens, und kann diesem zugemischt seine Farbe nicht verändern, weil es ihm homogen ist. Von den übrigen Farben kommen nur die im ersten Prisma unregelmäßig gebrochenen Theile durch den Spalt, und deren Lichtmenge ist so gering, daß, was davon im zweiten Prisma und im Auge des Beobachters noch zerstreut wird, nicht mehr wahrgenommen werden kann.

Man kann bei dieser Methode auch einen beliebig breiten Streifen des Spectrums hell machen, wenn man statt des ersten Spaltes einen mehr oder minder breiten rechteckigen Ausschnitt anbringt. Dann wird das Spectrum des ersten Prisma ein unreines, d. h. an jeder Stelle desselben decken sich verschiedenartige benachbarte Farbenstreifen in einer gewissen Breite, es fällt also auch verschiedenartiges regelmäßig gebrochenes Licht durch den Spalt, und wird durch das zweite Prisma in die einzelnen Farbentöne zerlegt, die es enthält. Man erhält dadurch ein mehr oder minder breites, scharf begränztes, mit den entsprechenden Fraunhofer'schen Linien versehenes, helles Band aus denjenigen Farben bestehend, welche im Spectrum des ersten Prisma sich über dem Spalt deckten, während die übrigen Theile des zweiten Spectrum nur von zerstreutem Lichte erleuchtet sehr lichtschwach bleiben. Auf diese Weise gelingt es zum Beispiel außerordentlich gut das jenseit der Linien *H* liegende, wegen seiner Schwäche neben den übrigen Farben für gewöhnlich unsichtbare Violett frei von allem weißen Lichte in einer mindestens ebenso großen Breite sichtbar zu machen, als das gewöhnlich sichtbare Violett zwischen den Linien *G* und *H* einnimmt. Nach der gewöhnlichen Methode es in Fernröhren zu zeigen, in denen das übrige Spectrum abgeblendet ist, pflegt es mit

einer fast überwiegenden Menge weissen Lichts gemischt zu seyn.

Isoliren wir uns nun nach dieser Methode das Licht des gelben Bandes im Spectrum des Smalteglases, und unterwerfen es der Absorption von einer gewissen Anzahl von Platten dieses Glases, die wir vor dem ersten, oder zweiten Spalt oder vor dem Auge einschieben, so erhalten wir ganz andere Resultate, als nach Brewster's Methode. Das Gelb bewahrt nämlich nun, auch nachdem es durch zwei, drei, ja selbst vier blaue Platten gedungen ist, seine ursprüngliche reine und gesättigte Farbe. Ich bemerke übrigens, dafs zu dem Gelingen dieses Versuches nicht einmal ein absolut dunkles Zimmer gehört, wenn nur der zweite Schirm hinreichend dunkel schwarz ist, und die Glasplatten vor dem ersten Spalt eingeschaltet werden.

Brewster's Erklärung kann neben dieser Beobachtung nicht bestehen. Seiner Ansicht nach soll das Licht des gelben Bandes, wenn es durch Kobaltglas weiflich geworden ist, aus Licht gleicher Brechbarkeit bestehen, also durch Brechung in Prismen nicht weiter in verschiedenfarbiges Licht zerlegt werden können. Bei dem beschriebenen Versuche erscheint das Licht des gelben Bandes, so wie es in der ersten Spalte ankommt, in der That weiflich, wenn wir es aber durch ein zweites Prisma betrachten, so wird es in reines gelbes und anderfarbiges Licht zerlegt, ist also nicht von gleicher Brechbarkeit, sondern in der That, wie es die von mir gegebene Erklärung fordert, gemischt aus Strahlen verschiedener Brechbarkeit. Bei Brewster's Verfahren konnte eine Zumischung fremdartigen Lichts, sey es nur in den Prismen und Glasplatten oder erst im Auge, nicht vermieden werden. Eben deshalb ist auch erklärlich, dafs er durch Einschaltung noch anderer färbender Medien die weisse Farbe des besprochenen Bandes reiner machen oder in das Rothe und Grüne ziehen konnte.

Eine zweite Möglichkeit der Täuschung liegt in den physiologischen Erscheinungen des Contrastes, welche sehr

leicht die Beurtheilung der Farben beeinträchtigen, besonders wenn wir ein schwach erleuchtetes farbiges Feld neben einem sehr viel helleren betrachten. Brücke¹⁾ hat neuerdings darauf aufmerksam gemacht, daß selbst ganz dunkle Stellen des Gesichtsfeldes neben helleren farbigen von einem farbigen Scheine übergossen erscheinen, welcher bald der erregenden Farbe gleich, bald complementär, bald noch anders gefärbt ist. Er nennt die Farbe dieses Scheins die inducirte Farbe. Er fand, daß bei dem von ihm angewendeten Grade von Helligkeit, Roth das complementäre Grün, Grün aber auch Grün, Violett Blau, Blau und Gelb dagegen keine recht entschiedenen Farben induciren. Nachdem ich diese Versuche bei verschiedenen Graden von Helligkeit wiederholt habe, glaube ich Brücke's Ausspruch dahin modificiren zu können, daß bei sehr starkem Lichte sich immer dieselbe Farbe über das dunkle Feld ausgießt, welche das erleuchtete hat, ein Phänomen, dessen muthmaßliche Gründe wir oben besprochen haben. Bei schwachem Lichte dagegen inducirt sich wohl immer die Complementärfarbe, und zwar, wie auch Brücke fand, viel lebhafter, wenn das Auge bewegt wird, als wenn es einen Punkt fixirt, bei mittlerem Lichte dagegen verhalten sich verschiedene Farben verschieden; sie geben bald dieselbe, bald die entgegengesetzte, bald unbestimmte Färbungen, es scheinen sich hier die beiden entgegengesetzten Erscheinungen zu bekämpfen. Aber auch mir scheint, mit Brücke übereinstimmend, daß Roth leichter die Complementärfarbe giebt, als Grün und Violett.

Hierauf scheint mir namentlich ein überraschender Versuch von Brewster zurückzuführen zu seyn, wodurch er die Anwesenheit von grünem Licht im Gelb, Orange und selbst im Roth in der Nähe der Linie C, nachzuweisen sucht. Als absorbirende Mittel gebraucht er dazu Portwein, Perubalsam, Pech, Schwefelbalsam oder rothen Glimmer.

Ich

1) Untersuchungen über subjective Farben. Denkschr. d. Acad. d. Wissenschaft zu Wien Bd. III.

Ich habe die Versuche mit Perubalsam, Schwefelbalsam und Pech wiederholt. Dünnerer Lagen davon lassen Roth, Gelb und Grün des Spectrum stehen, während sie Blau und Violett auslöschen. Dabei scheint aber das Grün mindestens bis zur Linie *D*, welche eigentlich im Goldgelb steht, und häufig auch noch darüber hinaus in die Gegend des röthlichen Orange zu reichen. Unmittelbar an das Grün scheint das Roth zu stoßen. Also die gelbgrünen, gelben, goldgelben und selbst wohl die orangenen Farbtöne scheinen grün geworden zu seyn, und das Grün ist so entschieden und lebhaft, daß man sich in der That schwer entschließt an eine subjective Farbentäuschung zu glauben. Das Vorhandenseyn einer solchen wird aber schon durch den Umstand angedeutet, daß die Gränze des Grün viel mehr in das Roth hineinrückt, wenn man das Auge auf den verschiedenen Farbenstreifen wandern läßt, als wenn es anhaltend auf dem grünen Theile des Spectrum verweilt. Im ersteren Falle treffen die gelblichen Farben auf Netzhauttheile, welche kurz vorher glänzendes Roth gesehen haben, und deshalb zur Erzeugung des complementären Blaugrün neigen. Im zweiten Falle ist die Erregung der inducirten Farbe auf den nebenliegenden Theilen der Netzhaut viel schwächer. Daß aber die Erscheinung auf einer subjectiven Täuschung beruhe, zeigt sich sogleich, wenn man nach der von mir oben beschriebenen Methode die gelbgrünen, gelben oder goldgelben Farbenstreifen isolirt, und so isolirt durch verschieden dicke Schichten der genannten braunen Körper betrachtet. Sie erscheinen dann ganz unverändert, ohne die geringste Hineigung zum Grün.

Durch dickere Schichten der braunen Flüssigkeiten gesehen verschwinden im Spectrum auch das Grün, Gelb und ein Theil des Orange. Man sieht dann an dem Saume des stehen gebliebenen Roth nach der Seite des Orange zu noch ein ganz schwaches grünes Rändchen, selbst bis ganz nahe an die Linie *C*, wo das Roth kaum noch einen orangenen Schein hat. Der grüne Saum ist zu lichtschwach

und schmal, als dafs es möglich wäre sein Licht zu isoliren, und einzeln zu untersuchen. Davon aber, dafs schwaches roth oranges Licht neben starkem rothem grün erscheinen kann, überzeugt man sich leicht, wenn man auf eine rothe Glastafel eine kleine mennigrothe Papierscheibe klebt und sie gegen einen sehr hellen Grund, z. B. den hellen Himmel, hält, während das Papier ganz schwach beleuchtet ist. Bei passender Stärke der Beleuchtung erscheint es grün.

Ferner scheint mir die violette Färbung des Blau bis in die Nähe der Linie *F*, bei der Absorption durch gelbe Flüssigkeiten, Olivenöl, Saft der *Coreopsis tinctoria* u. s. w. zu den subjectiven Complementärfarben zu gehören. Ich habe die Versuche mit Olivenöl wiederholt, und das Violett deutlich zwischen den Linien *F* und *G* gesehen, wo es sonst nicht vorkommt, bis nahe an *F* heran, aber nur dann, wenn diese Gegend des Spectrum sehr lichtschwach war.

Das Oel verändert die Helligkeit das Roth, Gelb und Grün nicht merklich, schwächt aber das Blaue sehr und löscht das Violett fast ganz aus. Liefs ich durch den Spalt das Licht hell erleuchteter Wolken einfallen, so sah ich die ersteren Farben hell, das Blau lichtschwach und violett, das Violett gar nicht. Liefs ich aber Sonnenlicht einfallen, so wurde die Gegend zwischen den Linien *F* und *G* heller und verlor ihren violetten Schein. Isolirt man sie von den anderen Farben des Spectrum in der oben beschriebenen Weise, so sieht man das Blaue ebenfalls ganz in seiner ursprünglichen Farbe. Ich glaube daher, dafs es in dem durch Olivenöl gesehenen Spectrum durch das dem benachbarten hellen Grün complementäre Carminroth überdeckt und violett geworden war.

Auch noch eine andere Methode kann ich in diesen und ähnlichen Fällen zur Prüfung empfehlen. Man setze vor den grössten Theil des Spaltes die absorbirende Substanz, vor dem übrig bleibenden Rest desselben weisses, dickeres oder dünneres, geöltes oder nicht geöltes Papier, welches man so auswählt, dafs die zu untersuchende Stelle

in dem Absorptionsspectrum ebenso hell wird, wie die entsprechende des durch das Papier gegangenen Lichtes. So wird man bei der Absorption durch Oel sehen, daß auch in dem Papierspectrum das Blau zwischen den Linien *F* und *G* violett erscheint. Zum Gelingen des Versuchs muß die Breite des Absorptionsspectrum die des Papierspectrum bei weitem überwiegen.

Aus den angeführten Thatsachen geht genugsam hervor, daß auch im Spectrum subjective Farbenänderungen durch Contrast nicht nur ebenso gut, wie in Zusammenstellungen anderer Farben, sondern vielleicht noch lebhafter und täuschender wegen der größeren Lebhaftigkeit der einfachen Farben eintreten können. In anderen Fällen lassen sich diese Veränderungen nicht gerade auf Induction von Complementarfarben zurückführen. Ein solches Beispiel, auf welches sich Brewster beruft, ist in dem Spectrum des Smalteglases der Streif im röthlichen Orange, der etwa von der Linie *C* bis *D* reicht. Er ist viel dunkler als der danebenliegende rothe und gelbe Streif, und scheint zwischen diesen beiden, bei gewöhnlicher Helligkeit des Spectrum gesehen, ganz dieselbe rothe Färbung darzubieten, wie der Streifen des äußersten Roth. In einem stärker beleuchteten Spectrum erkennt man aber deutlich, daß er in das Orange zieht. Brewster hatte den Streifen zuerst ¹⁾ orange-roth (*orange-red*) genannt, später ²⁾ beruft er sich darauf, daß J. Herschel ³⁾ ihn rein roth gefunden habe, und glaubt darin eine Veränderung der Farbe durch Absorption zu sehen. Auch hier genügt es, den betreffenden Streifen sich abgesondert darzustellen, um sich zu überzeugen, daß seine Farbe durchaus nicht verändert sey. Ebenso verhält es sich mit dem grünlichblauen Farbentönen auf der grünen Seite der Linie *F*, welche, wie Brewster bemerkt, durch ein tiefblaues Glas (wahrscheinlich Smalteglas) gesehen, grün werden. Sobald man sie

1) *Edinburgh Transactions. Vol. IX. P. II. p. 439.*

2) In der Antwort gegen Airy.

3) *Treatise on Light. Art. 496 u. 506.*

isolirt untersucht, findet man keine Farbenänderung an ihnen.

Endlich kommt bei einigen Versuchen von Brewster noch eine andere physiologische Thatsache in Betracht, daß nämlich dasselbe homogene Licht bei verschiedener Lichtstärke nicht ganz gleiche Farbeindrücke hervorruft. Bei blendender Helligkeit scheinen vielmehr alle Farben weiß zu werden. Am leichtesten geschieht dies mit dem Violett, welches im Spectrum des directen Sonnenlichtes schon bei einem sehr mäßigen Grade von Helligkeit weißgrau erscheint und nur einen schwachen violetten Schein behält. Auch zeigte mir Hr. Prof. Moser, daß durch ein sehr dunkles violettes Glas die Sonne vollständig ebenso weiß erschien, wie die stark beleuchteten Wolken, welche man neben dem Glase vorbei erblickte. Ebenso wird das Blau bei einer Helligkeit, welche ohne Belästigung des Auges zu ertragen ist, weißblau, bei stärkerer weiß. Das Grün wird erst gelbgrün, ehe es wie das Gelb bei gesteigerter Helligkeit die Farbe ganz verliert. Roth zeigt die Erscheinung am schwersten und nur bei den höchsten Graden der Helligkeit habe ich es sowohl im Spectrum, als durch ein rothes Glas nach der Sonne blickend hellgelb werden sehen. Um bei den Versuchen darüber die Einnischung jedes andersfarbigen Lichtes zu vermeiden, habe ich sie mit Farbenstreifen des Sonnenspectrums angestellt, welche nach der vorher beschriebenen Methode durch zwei Prismen isolirt und gereinigt waren. Die verschiedenen Abstufungen der Helligkeit habe ich theils dadurch hervorgebracht, daß ich das direct von der Sonne kommende Licht mit solchem vertauschte, welches von verschieden stark beleuchteten Theilen des Himmels ausgegangen war, theils aber auch, weil nach Brewster's Theorie die Farben im Spectrum des Sonnenlichtes denen im Himmelslicht nicht gleich seyn sollen, dadurch, daß ich die Farben des Sonnenspectrum bald direct, bald durch zwei nahe rechtwinklich gekreuzte Nicol'sche Prismen betrachtete. Auch durch Reflexion von unbelegten Glasplatten,

oder indem man sie auf einem weissen Schirm auffängt, kann man ihre Helligkeit ohne Verdacht einer Farbenänderung schwächen.

Wenn also eine gewisse Dicke der Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd-Ammoniak das Blau des Spectrum hell und weislich, eine stärkere Dicke es tief dunkelblau erscheinen läßt, so ist daraus nur zu schliessen, dafs diese Flüssigkeit auch blaue Strahlen absorhirt, aber keineswegs, dafs sie weisses Licht aus dem homogenen blauen fortgenommen habe. Ferner erklärt sich daraus, dafs das Gelb im Spectrum des Tageslichts oder des blauen Himmels kaum zu bemerken ist, während es in dem viel helleren Spectrum des directen Sonnenlichts einen breiten Raum einnimmt. Das reine Gelb bildet nämlich im Spectrum des Flintglases einen äufserst schmalen Streifen, und ist im blauen Lichte des Himmels schwächer als seine Nebenfalten, so dafs man es bei schwacher Vergröfserung des Spectrum zwischen dem breiten und glänzenden Roth und Grün schwer bemerkt. Dagegen sieht man es bei starker Vergröfserung oder isolirter Betrachtung der einzelnen Farben sehr deutlich auch im Himmelslichte. Im Spectrum des directen Sonnenlichtes ist dagegen Gelb die hellste Farbe und von blendendem Glanze. Grün und Roth sind durch gesteigerte Intensität auch gelblich geworden, und deshalb tritt das Gelb so deutlich hervor. Schwächt man aber die Helligkeit des Sonnenspectrum durch Reflexion von unbelegten Glasplatten, oder durch fast rechtwinklich gekreuzte Nicol'sche Prismen, so tritt das Gelb ebenso zurück, wie im Spectrum des Tageslichts. Bestimmt man auferdem in einem Spectrum von mäfsig starkem Sonnenlicht, und in dem des Tageslichts die Farbenstufen der einzelnen Fraunhofer'schen Liniengruppen in der Nähe des Gelb, isolirt von den Nebenfalten, so findet man sie ganz gleich.

Es bleibt nun von den Thatsachen, welche Brewster zur Stütze seiner Theorie angeführt hat, ein Versuch übrig, von dem ich nicht weifs, ob ich seine Wiederholung als

gelungen betrachten darf, und einige, welche ich nicht anstellen konnte, weil ich die dazu gehörigen absorbirenden Mittel nicht hatte. Der erstere ist angestellt mit Perubalsam, Schwefelbalsam, Pech und rothem Glimmer. Das Roth des Spectrum soll, durch diese Mittel angesehen, orange erscheinen. Bei mäßiger Lichtstärke konnte ich durch die Balsame und Pech, in welchen Abstufungen der Dicke ich sie auch anwandte, nichts davon erkennen; das Roth behielt seine Farbe ganz unverändert. Nur bei grosser Lichtstärke, wo ein das Spectrum umgebender brauner Lichtschein ankündigte, dafs viel Licht zerstreut wurde, sah ich das Roth etwas orange. Das erklärte sich aber in diesem Falle aus der Zumischung des zerstreuten braunen, aus Roth, Gelb und etwas Grün zusammengesetzten Lichtes, und aus der Neigung des Roth bei gröfserer Helligkeit gelblich zu werden. Vielleicht hat auch Brewster ein so helles Spectrum angewendet. Isolirt man übrigens das Roth nach meiner obigen Methode, so bleibt es stets ganz unverändert.

Verschiedene Versuche sind von Hrn. Brewster mit gefärbten durchsichtigen Oblaten (*wafers*) aus Gelatine angestellt worden. Ich fand dergleichen hier nicht im Handel, und da nur die Farben, nicht die Farbstoffe ausgegeben waren, konnte ich sie mir nicht darstellen. Uebrigens scheint mir der Gebrauch solcher Oblaten deshalb bedenklich, wenigstens wenn sie zwischen Auge und Prisma eingeschaltet werden, weil auch die besten Leimplatten, wie man sie zwischen Glasplatten aus dem reinsten Hausenblasenleim bildet, nicht zu den klar durchsichtigen Körpern gehören. Wenn man auch durch ein solches Blatt ziemlich gut hindurchsehen kann, so machen mehrere übereinander das Bild nebelhaft, zum Beweise, dafs sie viel Licht zerstreuen. Diefs würde in der That auch die Wirkung erklären, welche orangene, gelbe und grüne solche Oblaten haben sollen, das Roth des Spectrum orange zu färben. Es genügt dazu die Zerstreuung des vorwaltenden farbigen Lichtes über das Roth. Wodurch eine grüne

solche Oblate ein weißliches Band im Blau hervorbringt, weiß ich nicht zu ermitteln, da ich den Versuch nicht wiederholen kann.

Ein blaßrothes Glas, welches das Grün zwischen *b* und *F* absorbirt (wahrscheinlich mit Goldpurpur gefärbt), und ein blaßgelbes, welches das Blau schwächt, sollen combinirt das Blau violett machen. Die Erklärung wird dieselbe seyn, wie beim Olivenöl.

Roth von einer Messingplatte reflectirt, soll nach J. Herschel orange werden. Die Mittel zur Erklärung davon hat Airy in seiner Abhandlung gegen Brewster gegeben.

Ich habe jetzt die von Brewster vorgebrachten That-sachen alle erwähnt. Wenn ich auch nicht alle Versuche nachahmen und widerlegen konnte, so glaube ich, geht aus den Erörterungen über die, deren Wiederholung mir gelungen ist, zur Genüge hervor, daß bei seiner Methode mehrere bisher unbeachtete Umstände von Einfluß sind, welche eine sichere Beurtheilung der Farben unmöglich machen, und den bisjetzt von ihm hingestellten Thatsachen alle Beweiskraft für seinen Zweck nehmen. Um gültige Gründe zur Widerlegung der bisher angenommenen Verbindung der Brechbarkeit oder Wellenlänge mit der Farbe zu gewinnen, muß man jedenfalls eine andere gesichertere Beobachtungsmethode anwenden, ähnlich derjenigen, welche ich in dieser Abhandlung beschrieben habe, wobei eine Hauptbedingung ist, daß die zu untersuchenden Farben von den übrigen abgesondert und von den letzten Spuren unregelmäßig gebrochenen Lichtes frei sind.

II. Ueber das Dellmann'sche¹⁾ Elektrometer; von F. Dellmann.

1. Historisches.

Das durch die vortrefflichen Abhandlungen des Hrn. Dr. Kohlrausch bekannter gewordene Elektrometer nannte ich in der Programm-Abhandlung des Kreuznacher Gymnasiums vom Jahr 1842 ein *neues*, und dazu berechtigten mich die Construction und die Leistungen des Instrumentes.

Was die Construction betrifft, so ist zwar der Grundgedanken der Coulomb'schen Drehwaage beibehalten; indessen ist derselbe durch zwei wesentliche Vorrichtungen erweitert, durch das Streifchen und den Querdraht. Letzterer ist zur Erhöhung der Empfindlichkeit sehr wesentlich, wie aus meinen früheren Angaben und aus einer Abhandlung Andriessen's (diese Annalen Bd. 62, S. 493 ff.) hervorgeht. Auch dient dieser Querdraht dazu, mit dem Principe der Torsionswaage einen Gedanken des Säulen-Elektroskops zu verbinden und dabei die Unbequemlichkeit dieses Instrumentes möglichst zu vermeiden, wie diefs Bd. 55, S. 308 dieser Annalen gezeigt worden. Zu den Eigenthümlichkeiten meines Instrumentes gehört auch eine grofse Leichtigkeit der Herstellung und der Behandlung, wenn man dasselbe blofs als Elektroskop benutzen will und das beachtet, was Bd. 55, S. 306 ff. und Bd. 58, S. 51 ff. dieser Annalen angegeben worden.

In Rücksicht auf die Leistungen des Instrumentes wird verwiesen auf die neun Abhandlungen des Hr. Dr. Kohlrausch, besonders auf die Vergleichung des Apparates mit der Coulomb'schen Drehwaage, welche Kohlrausch Bd. 72, S. 360 ff. dieser Annalen gegeben hat. Ferner wird auf

1) Da das Instrument die Einführung, vielseitige Vervollkommnung und so fruchtbare Anwendung Hrn. Dr. Kohlrausch verdankt, so glaube ich von dessen Benennung nicht abgehen zu dürfen.

die grofse Empfindlichkeit aufmerksam gemacht, wie sich diese besonders in der Bd. 58, S. 50 dieser Annalen unter No. 2. angeführten Erscheinung ausspricht.

Das Instrument habe ich von vornherein *Elektrometer* genannt, weil in seiner Grund-Idee die Hoffnung ausgesprochen lag, es zum Messen benutzen zu können. Hr. Kohlrausch gehört das Verdienst, diese Hoffnung weit über meine Erwartung verwirklicht zu haben.

Es sind nicht Alle, welche mein Instrument ganz oder auch nur theilweise benutzten, so gewissenhaft gewesen, wie dieser vortreffliche Physiker. Er führt schon den Hr. Dr. Romershausen an, welcher das Instrument noch einmal beschreibt mit einer ganz unwesentlichen Abänderung ohne den Namen des Urhebers zu nennen. Andriessen hat den Querdraht auf. das Goldblatt-Elektroskop übertragen, und dadurch die trockene Säule entbehrlich gemacht für diefs Instrument. Er schreibt eine Abhandlung (siehe oben) über: »Eine neue Einrichtung am Goldblatt-Elektroskop,« ebenfalls ohne zu sagen, dafs er diese neue Einrichtung von mir habe. Hr. Prof. Dr. Frick, Verfasser der »physikalischen Technik,« fehlt aus Unkenntniß. Die Andriessen'sche Erfindung wird in dem genannten Buche einem Dallmann zugeschrieben, und mein Apparat, der in einer verschlechterten Abbildung gegeben ist, Hr. Oersted, obgleich Hr. Dr. Kohlrausch schon Bd. 72, S. 353 und 354 gezeigt hat, dafs das Oersted'sche Elektrometer wenig vom Peltier'schen abweicht. Es ist wahr, ich habe die Abhandlung Bd. 55, S. 308 ff. dieser Annalen, in welcher mein Elektrometer beschrieben ist, mit der Ueberschrift versehen: »Ueber das Oersted'sche Elektrometer,« um dadurch anzudeuten, was auch in der Abhandlung selbst angegeben, dafs ich durch dasselbe auf meines hinüber geleitet worden.

Der Tadel, welchen Hr. Prof. Müller in seinem Bericht über die neuesten Fortschritte in der Physik S. 27 ausspricht, ist ganz unbegründet und in folgender Weise entstanden. Bd. 58, S. 49 dieser Ann. mufs die Parenthese

in der 2. Zeile meiner Abhandlung heißen: (Bd. 55. S. 301). Statt des zweiten ist hier mein erster Aufsatz citirt. Als ich dies vor etwa 9 Jahren las, wollte ich gleich die Berichtigung folgen lassen, versäumte es aber. Hr. Prof. Müller wird nun wohl nicht anstehen, seinen Tadel zurückzunehmen. Er wird in dem angeführten Aufsatze Alles finden, was er vermist hat.

Das angeführte falsche Citat ist wahrscheinlich auch eine Ursache gewesen, daß das in Rede stehende Instrument nicht früher bekannt geworden; denn in den neuesten physikalischen Lehrbüchern, so weit ich sie kenne, ist es nicht erwähnt¹⁾. In der genannten Programm-Abhandlung, von der ich eine Parthie Exemplare auf der Naturforscher-Versammlung in Mainz vertheilte, ist gezeigt worden, daß sich der bei Weitem größere Theil der Spannungs-Elektricitätslehre an die Erscheinungen knüpfen läßt, welche man mit diesem Instrumente leicht und sicher hervorrufen kann. Deshalb hat es noch ein besonderes didactisches Interesse, weil es zum Gebrauche in Schulen sehr geeignet ist. Da nun das Studium der Elektricitätslehre auch für das practische Leben immer mehr an Bedeutung gewinnt und unsere Zeit immer mehr zu einer Vermittelung der Wissenschaft mit dem Leben drängt, so möchte es nicht unpassend erscheinen, hier noch einmal auf den Inhalt jener Programm-Abhandlung aufmerksam gemacht zu haben; jedenfalls aber gehört die Erwähnung derselben in eine kurze Geschichte des Instrumentes.

2. Das Elektroskop.

Es ist nöthig, bei dem in Rede stehenden Instrumente fortan das Elektroskop vom Elektrometer zu unterscheiden.

1) Hr. Prof. Müller sagt im 2. Bande seines Lehrbuchs der Physik S. 140, daß das von Fechner verbesserte Säulen-Elektroskop das empfindlichste aller bisjetzt bekannten und ein für die leichte und sichere Anstellung der Volta'schen Fundamentalversuche wahrhaft unentbehrliches Instrument sey. Und doch hat er im Herbste 1842 in Mainz mein Instrument gesehen und damals eine Abhandlung von mir erhalten.

Was nun das Elektroskop betrifft, so ist mehrfach die von Romershausen zuerst angegebene Abänderung als eine Verbesserung gepriesen worden. Ich lasse die Sache dahin gestellt seyn; jedoch kann ich nicht unbemerkt lassen, daß das Biegen des Drahtes, den man zum Waagebalken nimmt, wenigstens ebenso leicht ist, wie das Ausschneiden des Streifchens, und an dem Bügel hängt der Waagebalken mit mehr Stabilität. Daß der gerade Waagebalken beim Gebrauche practischer sey, als der mit einem Bügel versehene, habe ich nicht gefunden. Hr. Prof. Müller meint, die Art, wie ich das Streifchen befestigt habe, sey etwas ungeschickt; aber bei dieser Befestigung habe ich gar keine Geschicklichkeit zeigen können, da sie zu einfach ist. Die einzige Verbesserung, welche ich seit 9 Jahren habe anbringen können, ist die, daß ich das Glas mit seinem Boden in einen papiernen oder messingenen Fuß fest eindrücke und diesen Fuß auf ein größeres Brettchen leime, oder schraube, um dem Instrument eine festere Stellung zu geben. Auch ist es eine Erleichterung in der Anfertigung, wenn man den Kokonfaden oben direct an den Draht klebt, welcher durch den Deckel geht, sowie unten an dem Bügel des Waagebalkens erst einen kurzen leinenen Faden bindet und dann an diesen den Kokonfaden kittet. Dieser äußerst einfache Apparat leistet mir weit mehr, als mein sehr empfindliches Säulen-Elektroskop.

3. Das Elektrometer.

Als ich in neuerer Zeit, aufgemuntert durch mannigfache Anerkennungen, besonders aber durch die schönen Arbeiten des Hrn. Dr. Kohlrausch, wieder anfang mich speciell mit diesem Gegenstande zu beschäftigen, war es meine Hauptabsicht, die Anfertigung und Anwendung dieses Mefs-Instrumentes möglichst zu erleichtern, sowie die Genauigkeit der Messung möglichst sicher zu stellen. Briefliche Aeußerungen des Hrn. Kohlrausch, wie, man werde sich mit der Zeit nicht mehr von diesem Instrumente wehren können, und, das Instrument verdiene weitere Ver-

breitung, konnten mich in meiner Absicht nur befestigen. Der Bau-Plan für das Instrument, wie er behufs dieses Zwecks sich allmählig mir ausbildete, war folgender.

1. Die Bewegung, durch welche Waagebalken und Streifchen mußten in Berührung gesetzt werden, sollte durch eine Schraube geschehen, weil mir die Schraubebewegung hier jedenfalls am geeignetsten schien. Es boten sich nun zwei Wege dar, entweder den Waagebalken herunter zu lassen, oder das Streifchen zu heben. Beide habe ich versucht, werde aber bei erstem stehen bleiben.

2. Die Luftströmungen mußten auf ein Minimum reducirt werden. Zu diesem Zwecke wurde der Raum des Apparates möglichst verengt. Mein Gefäß ist vom Boden bis zum Deckelglase nicht ganz einen Zoll hoch, und das Rohr, in welchem der Glasfaden hängt, ist unten nur so weit, daß der Stift, an welchem der Glasfaden oben befestigt ist, eben hindurchgeht.

3. Die Störungen des Schellacks mußten durch seine Entfernung von den Haupttheilen und durch seine Vertheilung auf den ganzen Kreis möglichst beseitigt werden.

4. Zur Vermeidung der Parallaxe und zu bequemem und schnellerem Ablesen der Winkel, welche Waagebalken und Streifchen mit einander bilden, sollte die Spiegelung benutzt werden.

Es ist wohl nur ein Glück zu nennen, wenn bei der Ausführung dieses Planes die einzelnen Punkte sich gegenseitig unterstützten und so das Resultat meine Erwartungen bei Weitem übertraf. Das Instrument, welches ich nun schon seit längerer Zeit gebrauche, läßt an Bequemlichkeit der Handhabung und Leichtigkeit der Herstellung kaum noch Etwas zu wünschen übrig, wenn man die Schwierigkeiten, welche mit genauen Messungen elektrischer Quantitäten verbunden sind, in Erwägung zieht.

Nach diesen Bemerkungen liegt mir nun zunächst ob, die Zeichnung auf Taf. II. ¹⁾ Fig. 15 und 16 zu erläutern, und dann noch einige Bemerkungen über die Anfertigung

1) Die Tafel ist bereits dem Hefte VI. beigegeben.

und Anwendung des Apparates beizufügen. Es wird bezeichnet durch

- a* der Boden des messingenen Gefäßes,
- b* der breite, ringförmige Seitentheil desselben,
- c* der schmale Ring zum Befestigen des Deckelglases,
- d* der eiserne Ring, in welchem das Gefäß hängt,
- e* die drei Füße desselben (von denen nur 2 zu sehen)
- f* der Entlader,
- g* der Zuleitungsdraht,
- h* der Träger des Streifchens mit einem Einschnitte oben zur Aufnahme desselben,
- i* das Streifchen,
- k* der Waagebalken,
- l* der kurze, dicke Schellackfaden des Waagebalkens,
- m* der Glasfaden,
- n* das Deckelglas,
- o* die messingene Büchse zur Aufnahme des untern Endes des Glasrohrs,
- p* die Mutterschraube zum Festhalten dieser Büchse,
- q* die Büchse im Böden,
- r* die Mutterschraube zum Festhalten dieser Büchse,
- s* die Büchse zur Aufnahme des oberen Endes des Glasrohrs,
- t* der Stift für den Glasfaden,
- u* ein Haspel mit 3 Armen zum Drehen dieses Stifts,
- v* der Doppelzeiger,
- w* der Kloben,
- x* die stählerne Schraube zum Heben und Senken des Waagebalkens,
- y* ein Stahlstift, diese Bewegung zu reguliren,
- z* ebenfalls ein solcher,
- a'* der obere Theilkreis,
- b'* der untere,
- c'* das Schräubchen, welches in den Hals von *x* eingreift, um *t* und *x* festzuhalten an einander,
- d'* eine Schellackscheibe zum Isoliren des Streifchens.

Man sieht aus der Zeichnung, daß besondere Schwier-

rigkeiten bei der Herstellung des Apparates nicht vorhanden sind, als etwa die in keiner Weise zu umgehende, den zarten Waagebalken gerade zu bekommen. Er sowohl, wie das Streifchen, sind von Silber, das meiste ist von Messing.

Die Schellack-Säule, welche sich in der Boden-Büchse befindet, wird sehr bequem hineingebracht, wenn man einen passenden Metall-Stift so weit in die Büchse steckt von unten, als der Schellack hier gehen soll. Dann faßte man die einzelnen Schellackblättchen mit der Pinzette, erweicht sie in der Alkoholflamme und legt sie in die Büchse, bis die Masse ausreicht. Dann erhitzt man die Büchse so stark in der Flamme, daß der Schellack in der Büchse festklebt. Jetzt durchbohrt man diese Schellacksäule mit einem erhitzten Draht, steckt den Träger des Streifchens, in welchen vorher schon der Zuleitungsdraht gelöthet worden, hinein, erhitzt auch diesen etwas am oberen Ende und bringt ihn, so lange der Lack weich ist, in die geeignete Richtung, soweit man dies mit dem bloßen Auge beurtheilen kann. Nachdem man die Büchse im Boden mittelst der Schraube *r* befestigt hat, steckt man den Theilkreis *b'* auf, welcher durch 3 Messingstifte festgehalten wird. Das Loch in der Mitte dieses Theilkreises ist nur ein paar Linien weit, und um den Träger des Streifchens genau ins Centrum zu bringen, besitze ich einen messingenen Zapfen, der genau in dieses Loch paßt und eine Oeffnung besitzt in seiner Axe, in welche wieder genau der Träger paßt. Ist der Kreis aufgesteckt, so erwärmt man den Träger am etwas hervorragenden Ende und steckt dann schnell jenen Zapfen ein, so daß durch ihn während des Erkaltens des Lacks der Träger in der gewünschten Richtung festgehalten wird. Der Träger hat etwa die Oberfläche der beiden Füßchen des Streifchens bei Kohlrausch, weshalb die von ihm aufgestellten Tabellen auch vollkommen für meine Construction gelten. Man könnte einwerfen, daß diese Construction nicht gestatte, den Zuleitungsdraht außer Berührung mit dem Streifchen zu

setzen, was allerdings wahr ist. Allein eine Vorrichtung, diese Berührung aufzuheben, hat vorzüglich den Zweck, den Elektricitäts-Verlust nach aufsen zu verhüten, und ich wende, wie man sieht, gar kein Mittel an gegen Elektricitäts-Verlust, weil er, wie aus später anzuführenden Beobachtungen hervorgeht, so gering ist, daß man ihn vernachlässigen kann. Die HH. Dr. Riefs und Dr. Kohlrausch wenden auch kein Mittel mehr an zum Austrocknen des Raumes, in welchem der Waagebalken sich bewegt. Es ist wahr, eine Vorrichtung zum Aufheben gedachter Berührung hat noch den Vortheil, untersuchen zu können, in welchem Verhältniß sich ein bestimmtes Elektricitäts-Quantum zwischen Zuleitungsdraht und Streifchen theilt; allein obgleich ich eine sehr einfache zu diesem Zweck eine Zeitlang gebrauchte, habe ich sie doch wieder verworfen, weil sie bei gewöhnlichen Messungen überflüssig ist.

Der Waagebalken besitzt in der Mitte einen nach oben gehenden Theil, welcher dadurch hervorgerufen wird, daß man die beiden Hälften des Silberdrahtes da, wo sie zusammenstoßen, einige Linien lang um einander dreht und dann an das Ende ein Kügelchen schmilzt, welches zum Scheibchen ausgeklopft wird. Dann werden die freien Enden rechtwinklich zum gedrehten Theil ausgebogen und platt geklopft. Der gedrehte Theil hat nicht bloß den Zweck, den Schellack zu entfernen, sondern auch ein Correctionsmittel an die Hand zu geben, und ein Mittel, den Waagebalken leicht zu befestigen. Das Silberscheibchen wird eben in die Alkoholflamme gehalten und dann mit Schellack versehen. Diesen erweicht man abermals in der Flamme und bringt ihn schnell mit dem unteren Ende des vorher schon aufgehängten Glasfadens in Berührung. Geräth die Operation auch nicht jedes Mal, so läßt sie sich leicht wiederholen und durch Ausziehen des Lacks die erforderliche Länge des Fadens herstellen. Man kann jetzt, wo der Waagebalken hängt, meist durch Biegen des gedrehten Theiles einen beim Ankleben gemachten Fehler corrigiren.

Auch das Gerade-Biegen des Waagebalkens muß jetzt beendet werden, da durchs Ankleben die vorangegangene Bemühung zu diesem Zweck meist wieder vernichtet wird. Um zu sehen, ob der Waagebalken gerade ist, läßt man ihn genau im Centrum auf dem Träger des Streifchens ruhen und sieht nach, ob er auf beiden Seiten gleiche Ausschlagswinkel zeigt. Läßt man ihn bei dieser Probe im Centrum hängen, so wird er beim Nachsehen durchs Ueberbiegen des Körpers oder durch das Herumgehen um den Apparat gar zu leicht aus dem Centrum kommen, wenn man ein nicht ganz festes Gebäude bewohnt.

Bleibt der Waagebalken beim Drehen nicht im Centrum, so läßt sich dieser Fehler durch neues Ankleben oder Biegen des gedrehten Theils leicht bis dahin beseitigen, daß beim Messen durch die Stellschrauben des Fusses das Centriren selten erforderlich wird. Beim Nichtgebrauche des Instrumentruments muß der Glasfaden ausruhen und der Zuleitungsdraht mit dem Entlader in dauernde Berührung gesetzt werden.

Unter den vielen Verdiensten des Hrn. Dr. Kohlrausch um den Apparat gehört auch das nicht geringe, die Glasfäden in Anwendung gebracht zu haben. Ich bin der festen Ueberzeugung, daß man diese fortan zu genauen Messungen kleiner Kräfte häufiger benutzen wird, da sie durch Nichts zu ersetzen sind nach meinen bisherigen Erfahrungen. Die Glasfäden sind zwar sehr zerbrechlich und in der nöthigen Feinheit anscheinend schwierig herzustellen; aber dabei besitzen sie auch eine so vortreffliche Elasticität, daß man sich, wenn man sie nicht zu sehr anstrengt, fast vollkommen auf ihre Angaben verlassen kann. Die elastische Nachwirkung ist bei ihnen sehr gering, wie man sich leicht überzeugt. Ihre Zerbrechlichkeit stört bei einer sorgfältigen Behandlung nicht und sie in der nöthigen Feinheit herzustellen ist nicht schwer, wenn man eine recht kleine Quantität Glas recht weißglühend macht und dann möglichst schnell auszieht. In wie weit die Leichtflüssigkeit des Glases und die Wärme des Raumes, in welchem das

Aus-

Ausziehen geschieht, mitwirken, das habe ich weniger ermitteln können. Mit ein Paar Glasstäbchen, welche mir Hr. Greiner jun. in Berlin zu überlassen die Güte hatte, gelang es mir beim zweiten Versuche vollkommen, Fäden zu ziehen, von denen der erste in Anwendung gebrachte am freien Pole einer Säule aus 128 Plattenpaaren einen Ausschlagswinkel von 77° gab, wenn der andere Pol mittelst eines Kupferdrahts, der an eine in die Erde vergrabene Zinkplatte gelöthet worden, abgeleitet war. Dieser Faden war also empfindlicher, als mehrere von Kohlrausch gebrauchte. Man erhält die Fäden, wenn man sie sich selbst auszieht, auch leicht in der nöthigen Länge und braucht sie also nicht aus Stücken zusammen zu leimen. Es ist zwar für manche Versuche, namentlich für die, welche man behufs der Aufstellung der Tabelle I (Bd. 72, S. 385) von Kohlrausch anstellt, besser, nicht so feine Fäden zu gebrauchen; aber für viele Versuche, namentlich auch für die, welche man anstellt, um die Luftströmungen und die Strömungen durch Schellack kennen zu lernen, sind sehr feine Fäden unerlässlich. Und je feiner die Fäden sind, desto kürzer kann man sie nehmen, desto bequemer wird also das Instrument im Gebrauche.

Ein anderes Verdienst um den Apparat hat sich Hr. Kohlrausch dadurch erworben, daß er gezeigt hat, wie das Instrument zu laden ist, nicht beim Anliegen des Waagebalkens am Streifchen, sondern wenn beide zu einander senkrecht oder fast senkrecht stehen. Man sieht bald, wenn man das Instrument mit genauen Mefsvorrichtungen ausstattet, daß beim Laden in erster Weise keine constanten Ausschläge zu erhalten sind; denn eine und dieselbe Anzahl von Elementen der Säule giebt sehr verschiedene Ausschlagswinkel; wogegen diese gleich sehr constant werden, wenn man die andere Art zu laden anwendet. Behufs dieser muß man aber eine Vorrichtung besitzen, den Waagebalken leicht und sicher mit dem Streifchen in Berührung setzen und diese wieder aufheben zu können. Die Schraube, welche dazu dient, geht durch

einen Kloben, der an dem obern Theilkreise befestigt ist. An diese Schraube ist unten ein Zapfen gedrechselt, welcher in eine Oeffnung geht, die in dem Stift sich befindet, an welchem der Glasfaden hängt. Damit der Stift beim Drehen der Schraube sich nicht mit zu drehen braucht, ist an jenen Zapfen ein Hals gedrechselt, in welchen ein Schraubchen mit seinem vorderen Ende genau paßt. Diefes Schraubchen geht von der Seite in jenes Zapfenloch und wird eingeschoben, wenn der Zapfen eingesteckt ist. Die Bewegung des Stiftes mit der Schraube ist sehr sanft, leicht und schnell zu vollziehen, giebt grofse Sicherheit (da immer aufwärts geschoben wird bis zum Anschlagen der Stifte y und z), der Raum unter dem Gefäfse bleibt frei, sie macht oben die Büchse für die sichere Verschiebung des Stiftes t entbehrlich und die Vorrichtung dazu ist leicht herzustellen.

Bei elektrischen Messungen kommt es aufser den andern Mitteln, welche gewöhnlich bei Messungen in Anwendung gebracht werden, um Sicherheit und Genauigkeit zu erzielen, auch wegen des Elektricitäts-Verlustes noch besonders auf Schnelligkeit der Messung an. Zu diesem Zweck dient besonders das Herablassen des Waagebalkens und die Spiegelung beim Ablesen der Winkel auf dem unteren Theilkreise. Ist die Ladung vollzogen, so haben unten die Hände Nichts mehr zu thun, und indem man mit der einen den oberen Zeiger auf 90° stellt ¹⁾, hat man mit der anderen schon den Stift z gefafst, mit welchem die Schraube x heruntergedreht wird. Beim Aufheben der Berührung zwischen Waagebalken und Streifen ist es ebenso. Indem man mit der einen Hand die Schraube x hinaufdreht, sucht man mit der andern den obern Zeiger auf Null zu stellen, wenn man die Messung mittelst des Ausschlagswinkels vollziehen will. Für das schnelle Ablesen der Winkel auf dem unteren Kreise ist dieser bis zur Spiegelung polirt. Wenn Bild und Waagebalken zusammenfallen, vermeidet man sicher die Parallaxe. Man wählt am pas-

1) Der Doppelzeiger dient dazu, vorn ablesen zu können, wenn der eine Zeiger mehr nach hinten gekommen.

sendsten eine Lupe von solcher Brennweite, daß man dieselbe, um recht deutlich ablesen zu können, auf den Rand des Gefäßes stellen kann, wobei also der Halter für dieselbe wegfällt. Da die Lupe nahe zum Object herangebracht wird, so darf der Waagebalken, wenn er und sein Bild deutlich werden sollen, nicht weit, höchstens 1 bis 2 Linien, vom Theilkreise entfernt seyn; aber man sieht eben deshalb sehr genau, weil eine Lupe von so geringer Brennweite schon stark vergrößert. Man liest am genauesten ab, wenn man Bild und Waagebalken gleiche Winkel mit demselben oder auch mit verschiedenen Theilstrichen machen läßt im Gesichtsfelde und dann den Winkel, welchen beide mit einander bilden, halbirt. So kann man bei einiger Uebung selbst Zehntel bis Zwölftel Grad mit Sicherheit ablesen.

Ein ferneres Verdienst des Hrn. Dr. Kohlrausch besteht darin, darauf aufmerksam gemacht zu haben, daß eine Säule am freien Pol eine sehr constante Spannung besitzt. Will man die Zuverlässigkeit dieses Meßinstruments kennen lernen, so ist Nichts besser, als sich einer Säule mit reinem Wasser zu bedienen. Da ein solcher Apparat auch sonst manches Interesse darbietet, so will ich nicht unterlassen, hier eine einfache Construction desselben anzugeben.

Ein hölzerner Rahmen trägt an den 4 Ecken kleine Pföstchen, von denen 2 und 2 durch Latten verbunden sind, welche oben Einschnitte haben, um Querleisten aufnehmen zu können. An diese Querleisten befestigt man auf irgend eine Weise an einer Seitenfläche Korkstöpsel, welche mit dem Messer Einschnitte am vorderen Ende nach der Länge der Leiste bekommen. In diese Einschnitte hängt man die zusammengelötheten Streifen von Kupfer und Zink. Auf den Rahmen mit den Pföstchen steht unter den Querleisten ein zweiter Rahmen, dessen innerer Raum durch Längs- und Querleisten in eine gehörige Anzahl Fächer zur Aufnahme irdener oder gläserner Töpfchen getheilt ist. Die Töpfchen werden mittelst ihres vorstehenden Randes in die Fächer gehängt. Nun werden die gehörig gebogenen

Metallstreifen so in die Kork-Einschnitte geschoben und der Rahmen mit den Töpfchen wird so unter die Querleisten gestellt, daß beim Einhängen dieser Querleisten der Kupferstreifen jedes Paares in das eine Töpfchen, der Zinkstreifen in das benachbarte kommt. Die Verbindung der benachbarten Reihen geschieht durch entsprechend gebogene Plattenpaare. Um den Kupferdraht, welcher die Ableitung in den Erdboden besorgt, wickelt man ein paar Mal einen etwas längeren Kupferstreifen. Dieser läßt sich an dem Ableitungsdraht leicht verschieben und das freie Ende desselben kann leicht in ein beliebiges Töpfchen gesteckt werden. Von jedem der beiden Pole gehen Kupferstreifen in die Nähe des Zuleitungsdrahtes des Elektrometers und können leicht durch Biegen mit dem Zuleitungsdraht in Berührung gebracht werden. So läßt sich leicht die Säule in jedem möglichen Verhältniß theilen und die Elektrizität eines jeden Theiles nach Qualität und Quantität bestimmen.

Durch Messungen, welche ich während einiger Monate mit einer solchen Säule vorgenommen habe, bin ich zu dem Resultate gekommen, daß die Spannung an den Polen einer geöffneten Kette von der Witterung abhängt, und wahrscheinlich von der Windrichtung. Bei Westwinden herrscht durchschnittlich die $+$ E. der Säule vor, bei Ostwinden die $-$ E. Da bei uns Westwinde vorherrschen, so ist auch durchschnittlich die $+$ E. stärker. Um eine Uebersicht zu geben über die ganze Art und Weise, wie die Messungen angestellt worden, möge folgende Tabelle der Messungen vom 2. Juni hier einen Platz finden, da diese Messungen gerade in mehrfacher Hinsicht ein Interesse darbieten. Ich bemerke zuvor, daß jede Messung nur einmal gemacht wurde und zwar immer ohne Beachtung der Luftströmungen. Der Nordostwind herrschte vor an diesem Tage. Zu der Säule besitze ich zweierlei Querleisten. An der einen sind die Korke mit Schellack befestigt, an der anderen stecken sie in Löchern, welche in die Leisten gebohrt sind. Morgens wurden die ersten gebraucht, Nachmittags die andern.

Messungen vom 2. Juni Nachmittags.

Säulen- theil.	Ausschlags- winkel.	Quan- tum.	Summe.	+ $\frac{1}{10}$.	— $\frac{1}{10}$.
+ 1	$54\frac{2}{3}$	705	705	44,06	
— 1	$55\frac{1}{3}$	720	720		45
+ $\frac{1}{16}$	$3\frac{1}{2}$	44		44	
— $\frac{1}{16}$	$53\frac{3}{4}$	686	730		45,73
+ $\frac{2}{16}$	$9\frac{3}{4}$	98		49	
— $\frac{1}{16}$	$51\frac{3}{4}$	644	742		47
+ $\frac{3}{16}$	$14\frac{1}{2}$	139		46,33	
— $\frac{1}{16}$	$49\frac{5}{6}$	606	745		46,62
+ $\frac{4}{16}$	19	184		46	
— $\frac{1}{16}$	$47\frac{1}{4}$	559	743		46,58
+ $\frac{5}{16}$	$23\frac{2}{3}$	233		46,5	
— $\frac{1}{16}$	$44\frac{5}{6}$	516	749		46,91
+ $\frac{6}{16}$	$27\frac{7}{8}$	279		46,5	
— $\frac{1}{16}$	43	486	765		48,6
+ $\frac{7}{16}$	$32\frac{1}{4}$	333		47,57	
— $\frac{9}{16}$	$39\frac{3}{4}$	434	767		48,22
+ $\frac{8}{16}$	$35\frac{1}{2}$	375		46,88	
— $\frac{8}{16}$	$36\frac{1}{4}$	385	760		48,12
+ $\frac{9}{16}$	$38\frac{1}{2}$	415		46,11	
— $\frac{7}{16}$	$33\frac{1}{2}$	348	763		49,71
+ $\frac{10}{16}$	$41\frac{1}{3}$	459		45,9	
— $\frac{1}{16}$	$29\frac{1}{3}$	297	756		49,5
+ $\frac{11}{16}$	$44\frac{5}{8}$	512		46,55	
— $\frac{5}{16}$	25	246	758		49,2
+ $\frac{12}{16}$	47	554		46,17	
— $\frac{1}{16}$	$20\frac{1}{10}$	195	749		48,75
+ $\frac{13}{16}$	$49\frac{1}{2}$	601		46,23	
— $\frac{3}{16}$	16	153	754		51
+ $\frac{14}{16}$	$51\frac{5}{8}$	642		45,86	
— $\frac{2}{16}$	$9\frac{3}{4}$	98	740		49
+ $\frac{15}{16}$	$53\frac{1}{2}$	681		45,4	
— $\frac{1}{16}$	$3\frac{3}{4}$	48	729		48
+ 1	$54\frac{3}{4}$	707	707	44,19	

Mittel: + 46,07; — 48.

Messungen vom 2. Juni Morgens.

Säulen- theile.	Ausschlags- winkel.	Quan- tum.	Somme.	+ $\frac{1}{16}$.	- $\frac{1}{16}$.
+ 1	54	691	691	43,19	
- 1	55 $\frac{1}{6}$	717	717		44,81
+ $\frac{1}{16}$	4	50 $\frac{1}{2}$	716 $\frac{1}{2}$	50,5	
- $\frac{1}{16}$	52 $\frac{5}{6}$	666			44,4
+ $\frac{1}{16}$	52 $\frac{2}{3}$	663	711	44,2	
- $\frac{1}{16}$	3 $\frac{3}{4}$	48			48
+ $\frac{1}{16}$	51	629	733	44,93	
- $\frac{1}{16}$	10 $\frac{1}{2}$	104			52
+ $\frac{1}{16}$	48 $\frac{1}{2}$	582	726	44,77	
- $\frac{1}{16}$	15	144			48
+ $\frac{1}{16}$	14 $\frac{3}{4}$	142	738	47,33	
- $\frac{1}{16}$	49 $\frac{1}{4}$	596			45,85
+ $\frac{1}{16}$	46 $\frac{3}{4}$	549	745	45,75	
- $\frac{1}{16}$	20 $\frac{1}{4}$	196			49
+ $\frac{1}{16}$	44 $\frac{1}{4}$	506	758	46	
- $\frac{1}{16}$	25 $\frac{1}{3}$	252			50,4
+ $\frac{1}{16}$	23 $\frac{1}{2}$	230	744	46	
- $\frac{1}{16}$	44 $\frac{3}{4}$	514			46,73
+ $\frac{1}{16}$	41 $\frac{2}{3}$	465	765	46,5	
- $\frac{1}{16}$	29 $\frac{1}{2}$	300			50
+ $\frac{1}{16}$	38 $\frac{1}{2}$	415	751	46,11	
- $\frac{1}{16}$	32 $\frac{1}{2}$	336			48
+ $\frac{1}{16}$	32	330	751	47,14	
- $\frac{1}{16}$	39	421			46,77
+ $\frac{1}{16}$	26 $\frac{3}{4}$	261	740	43,5	
- $\frac{1}{16}$	42 $\frac{1}{3}$	479			47,9
+ $\frac{1}{16}$	35 $\frac{1}{3}$	371	760	46,37	
- $\frac{1}{16}$	36 $\frac{5}{8}$	389			48,62

Mittel: + 45,88; - 47,89.

Die Ueberschriften dieser Tabelle lassen kaum noch Etwas zur Erläuterung übrig. Die Quantitäten sind nach der Tabelle II. des Hrn. Kohlrausch (Bd. 72, S. 385 d. Annalen) angegeben, nur sind die Zahlen mit 100 multiplicirt oder das Komma ist weggelassen. Unter der Rubrik

„Summe“ habe ich jedes Mal die Summe der Einheiten zweier zusammen gehöriger Säulentheile, abgesehen von ihrem Vorzeichen, angegeben. Ich hatte nämlich vorher immer gefunden, daß die Gesamt-Spannung der Säule, wenn die Spannung der Theile auch bedeutend ungleichförmig war, sich ziemlich auf derselben Höhe erhielt, nur mit dem Unterschiede, daß die Spannung der ganzen Säule sich um so höher zeigte, je mehr die Theile der Gleichheit sich näherten. Diefs zeigt sich also auch hier wieder.

Zur Entschuldigung mancher ziemlich starken Abweichungen will ich außer dem bereits Angeführten noch bemerken, daß die Zeit der Berührung zwischen dem Polstreifen und dem Zuleitungsdraht ziemlich regelmäsig eingehalten wurde, nämlich 10 Sekunden; aber nicht die Zeit von einer Messung zur anderen. Daraus ergibt sich aber eine doppelte Fehlerquelle, nämlich wegen der ungleichförmigen Ladung der Säule und der Entladung des Mess-Apparates. Um indessen ohne großen Zeitsverlust den ersten Fehler möglichst zu vermeiden, wurde, wie die Tabelle zeigt, die Säule stets so getheilt, daß die nächst vorangegangene Theilung möglichst wenig von der nachfolgenden verschieden war.

Als Haupt-Ergebnifs aus den obigen Messungen steht fest, daß der — Pol eine stärkere Spannung hatte, oder daß an *diesem* Tage die — E. der Säule vorwaltete. Als ich es Morgens aus einigen Messungen schon vermuthete, hatte ich Verdacht auf den Schellack, ob er vielleicht diese Erscheinung hervorrufe; denn im April und Mai war ein Vorwalten der — E. nicht häufig. Nachdem ich die zuletzt angeführten Messungen gemacht hatte, entfernte ich deshalb die Leisten, an denen die Korke mit Schellack befestigt waren, und hing die anderen ein. Man sieht, daß hier die Mittel noch etwas höher sind, was ich dem Umstande zuschreibe, daß diese Leisten vor dem Einhängen ein paar Stunden zum Trocknen in der Sonne gelegen hatten. Diese Vermuthung stützt sich auf folgende Erfahrung.

Um die Mitte Mai hatte ich einen Glasfaden in Gebrauch, welcher die Gesamt-Spannung am 14. und 15. auf etwa 1050 (in obiger Bezeichnung) angab. Damals waren Nordost-Winde vorherrschend, wobei die relative Feuchtigkeit ziemlich beutend sank; denn sie war vom 13. bis 18. durchschnittlich 58,25, wogegen sie am 11. und 12. über 78 war, und auch am 21. stieg sie wieder bis über 74. Am 16. fing die Spannung meiner Säule bedeutend an zu steigen, so dafs sie am 17. bis auf 1150 kam und am 18. sogar bis nahe an 1200. Bis zum 21. behielt sie eine Spannung von mehr als 1100 bei. Auch in diesen Tagen war die — E. vorwaltend. Es war mir damals noch zweifelhaft, ob nicht vielleicht die gröfsere Spannung von dem geringeren Elektrizitäts-Verlust herrühre, den die Säule durch die Wasserdämpfe erleide; denn auf irgend eine Weise mufste doch die Verringerung der Feuchtigkeit die Steigerung der Spannung herbeiführen. Um nun darüber Aufschluß zu erhalten, stellte ich am 17. Mai folgende Beobachtungen an. Morgens 6^h 15' wurde das Elektrometer mit dem — Pol der ganzen Säule geladen und erhielt den Ausschlag von 69°,5. Nach einer Stunde war derselbe bis 62 $\frac{2}{3}$ Grad herabgesunken, der Elektrizitäts-Verlust war also 217. Vorher waren Barometer und Psychrometer beobachtet worden, woraus sich der Dunstdruck 2'',13, die Feuchtigkeit 81,3 ergab. Nachmittags 4^h 20' wurde das Elektrometer mit dem + Pol wieder bis zum Ausschlag von 69°,5 geladen. Nach einer Stunde war er auf 67 $\frac{1}{3}$ Grad herabgesunken, der Elektrizitäts-Verlust war also 80. Gleich nach dem Laden des Elektrometers wurden Barometer und Psychrometer beobachtet, woraus sich der Dunstdruck 2'',02 und die Feuchtigkeit 29,1 ergab. Die Spannung der Säule war dieselbe, wie Morgens, aber der Elektrizitäts-Verlust ein sehr verschiedener. Also war auch die Verschiedenheit der Spannung zwischen diesem Tage und dem vorigen überhaupt nicht von einer Verschiedenheit des Elektrizitäts-Verlustes abzuleiten, die Steigerung der Spannung mufste

vielmehr von einer durch das Sinken der Feuchtigkeit veranlaßten Austrocknung der Holzleisten herrühren.

Auffallend war mir bei diesen Beobachtungen das Verhalten des Elektricitäts-Verlustes zu den beiden Functionen des atmosphärischen Wasserdampfs. Offenbar ist der Elektricitäts-Verlust eine Function der relativen Feuchtigkeit. Setzt man nun eine Proportionalität beider voraus, so ist die berechnete Feuchtigkeit Nachmittags 29,9, wo die beobachtete 29,1 war. Und der berechnete Elektricitäts-Verlust ist 77,7, also der Ausschlagswinkel hätte zuletzt nicht $67\frac{1}{8}$, sondern beinahe $67\frac{1}{2}$ seyn müssen, ein Unterschied, der kaum zu beobachten ist. Am 19. Abends wurde das Elektrometer wieder mit $69\frac{1}{2}$ Ausschlag geladen. Nach einer Stunde war derselbe $6''$ gesunken, welches einen Elektricitäts-Verlust von 193 giebt. Berechnet man nach der Beobachtung vom 17. Morgens die Feuchtigkeit unter Voraussetzung erwähnter Proportionalität, so erhält man 72,3. Die vor der Ladung beobachtete war 74,7 (es hatte so eben geregnet), die nach der Stunde beobachtete war 69,8. Daraus ist das Mittel 72,25, welches also noch weit genauer mit der berechneten übereinstimmt. Es scheint also, daß der Elektricitäts-Verlust der relativen Feuchtigkeit proportional ist.

Durch diese Bemerkungen will ich hauptsächlich andeuten, daß hier noch ein weites Feld der Untersuchung offen liegt. Die Beobachtungen an der Säule muß ich noch lange fortsetzen und mit Beobachtungen über Luft-Elektricität in Verbindung bringen, um zu entscheidenden Resultaten zu gelangen. Am 11. Juni gaben acht Messungen mit verschiedenen Säulentheilen am $+$ Pol das Mittel von $\frac{1}{16}$ der Säule zu 49,27; das Mittel von neun Messungen am $-$ Pol gab die Spannung von $\frac{1}{16}$ der Säule zu 47,57 an. Es herrschten an diesem Tage Westwinde. Eine spätere Mittheilung wird eine Uebersicht der Beobachtungen eines größeren Zeitraumes enthalten.

Kreuznach, im August 1851.

III. Gesetze der Anziehung hufeisenförmiger Elektromagnete; von Dr. Julius Dub.

Nach Oersted's wichtiger Entdeckung suchte man lange Zeit die Gesetze elektromagnetischer Wirkung an *Hufeisen* zu erforschen; allein die Versuche führten nicht zu dem erwünschten Ziel, man erhielt Resultate, die zum Theil einander direct zu widersprechen schienen. Die wichtigsten der anfänglichen Untersuchungen auf diesem Felde sind die von Fechner, welcher die Anziehung der Hufeisen-elektromagnete ziemlich genau den Strömen proportional beobachtet hat ¹⁾). Die Versuche Anderer, wie die von Dal Negro, Ritchie u. dergl. hatten wenig befriedigenden Erfolg.

Erst in neuerer Zeit untersuchten Lenz und Jacobi den einfacheren Fall, die Wirkung von Stabmagneten, und gelangten dabei zu den bekannten Gesetzen ²⁾). Sie malsen auch gleichzeitig mit diesen Versuchen die Anziehung von Hufeisenmagneten. Es wurde sowohl die gegenseitige Anziehung zweier Hufeisen, als auch die eines Hufeisens und eines Ankers geprüft, welcher letztere sowohl flach als abgerundet angewandt wurde. Allein die Resultate waren den Experimentatoren selbst so ungenügend, dafs sie zu dem Schlusse kamen:

»Die Tragkraft der Hufeisenmagnete sey ein viel zu complicirtes Phänomen, als dafs ein so einfaches Gesetz, wie das quadratische oder das einfache der Ströme demselben genügen sollte ³⁾«. Sie warnen daher, »bis zur vollen Aufklärung dieses Gegenstandes solche hufeisenförmige Eisenstangen als Maafs zu gebrauchen, um aus ihrer Tragkraft auf die magnetische Intensität, oder umgekehrt aus der magnetischen Intensität auf die Tragkraft zu schliessen ⁴⁾).

1) Dove Rep. I. S. 266 (Schweigg. Lehrb. Bd. 9, S. 274 und 316.)

2) Diese Ann. Bd. 47 und Bd. 61.

3) Diese Ann. Bd. 47, S. 411.

4) Diese Ann. Bd. 47, S. 418.

Hiernach ruhte die Sache lange, bis in neuester Zeit Hr. Müller in Freiburg, nachdem er die Gränzen der Magnetisirbarkeit des weichen Eisens experimentell nachgewiesen ¹⁾, auch die Versuche über Hufeisenmagnete wieder aufnahm. Auch er gelangt zu dem Resultat, daß *»die Tragkraft auch nicht entfernt dem Quadrat der magnetisirenden Kraft (d. h. dem Strom multiplicirt mit der Windungszahl) proportional ist ²⁾«*.

Endlich hat Hr. Prof. Poggendorff in dem neuesten Bande seiner Annalen ³⁾ eine Versuchsreihe, welche für die Kraft des Hufeisens noch viel ungünstiger ausfällt, als alle früheren. Er findet, daß mit dem Wachsen des Stromes von 1 bis 10 eine Vermehrung der Tragkraft von 1 bis 3 auftritt.

Diese sämtlichen Versuche scheinen auf den ersten Blick wirklich jede Hoffnung auf ein befriedigendes, einfaches Gesetz zu vereiteln. Allein in neuester Zeit sind in Bezug auf die Gesetze elektromagnetischer *Stabanziehung* zwei Punkte hervorgetreten, welche, wie mir die nachstehenden Untersuchungen zeigten, in das Chaos der Hufeisenversuche einiges Licht gebracht haben. Der eine dieser Punkte ist der, schon von Joule ausgesprochene, später aber von Müller durch mehrere Versuchsreihen nachgewiesene Satz *daß ein Eisenstab ein bestimmtes Maximum von Magnetismus annehme*; andererseits geht aus dem von mir experimentell nachgewiesenen Satz hervor, *daß die Tragkraft (d. h. die Anziehung in unmittelbarer Berührung) auch der Stabmagnete nicht dem Quadrate der Stromstärke folge*, daß mithin das von Jacobi gefundene Gesetz nur für die Wirkung derselben *auf Entfernung* Geltung habe ⁴⁾.

Der Satz über den Sättigungspunkt von Hrn. Müller ist nun zwar von den HH. Buff und Zamminer ange-

1) Diese Ann. Bd. 79, S. 337 und Bd. 82, S. 181.

2) Bericht über die neuesten Fortschritte der Physik I. S. 530.

3) Diese Ann. Bd. 85, S. 148.

4) Diese Ann. Bd. 85, S. 239.

griffen worden ¹⁾). Diese Physiker beweisen durch Versuche die Wahrheit des Gesetzes von Lenz und Jacobi und sagen, dafs, wenn Müller's Resultate richtigere Ausdrücke für die Abhängigkeit des Elektromagnetismus von der Stromstärke sind, an eine Proportionalität zwischen beiden nicht mehr zu denken wäre. Müller beabsichtigt jedoch keinesweges das Jacobi'sche Gesetz umzustossen, sondern er beschränkt nur die Gränzen desselben. Nun finden aber sehr viele Gesetze nur innerhalb gewisser Gränzen statt, und dafs diess hier der Fall seyn mufs, läfst sich schon a priori schliessen; denn Niemand wird wohl der Meinung gewesen seyn, auch nicht die HH. Buff und Zamminer, dafs ein 1''' dicker Stab je so starke Anziehung erhalten könne als ein 1" dicker bei nur mässiger Erregung. Wenn nun irgend eine Gränze der Magnetisirbarkeit vorhanden ist, so mufs sie doch an jedem Stabe da seyn, es fragt sich nur wie fern sie liegt. Müller findet aus seinen Versuchen durch Rechnung, dafs *das absolute Maximum des Magnetismus dem Quadrate des Durchmessers des Stabes* ²⁾), *dagegen das Maximum der Tragkraft der 4. Potenz des Durchmessers proportional sey* ³⁾). Letztern Satz findet Hr. Müller an Hufeisenmagneten. Sind diese Sätze wahr, so mufs man darnach sehr bald zu Dicken gelangen, die vom Maximum nichts mehr zeigen, und für diesen Fall tritt dann eben das Gesetz von Lenz und Jacobi ein. Ueberall, wo ich Magnete von wenigstens 1" Durchmesser angewandt habe, fand ich das Gesetz bei allen von mir benutzten Stromstärken genau bestätigt, allein bei geringern Dicken, wie z. B. $\frac{1}{2}$ " Durchmesser, trat der Müller'sche Satz schon hervor, wie wir das später an den Versuchen sehen werden.

Geben wir nun die Wahrheit des Müller'schen, so wie des von mir gefundenen Satzes zu, und prüfen in Rücksicht auf sie die bisherigen Versuche über Hufeisenmagnete

1) Liebig's Ann. Bd. 75, S. 83.

2) Bericht über die neuesten Fortschritte der Physik I. S. 497.

3) Ibid. I. S. 535.

so werden wir finden, daß alle, wenigstens einem jener Sätze, einige auch beiden nicht Rechnung tragen.

Fechner wandte ein Hufeisen an, welches 14 par. Linien lang und 2" dick war. Bei so geringen Dimensionen mußte sich, wenn auch nur in geringem Maasse, eine Annäherung an das Maximum bemerklich machen, besonders beim Messen der Tragkraft. Da nun auch die Stabmagnete bei schwachem Strom wenig mehr Tragkraft als das gerade Verhältniß der Ströme zeigen, so liegt der Grund nahe (wenn hier durch das eintretende Maximum noch eine geringe Abnahme stattfand), weshalb Fechner die Anziehung im geraden Verhältniß der Ströme erhalten hat. Seine Resultate sind also der Art wie man sie auch bei den Stabmagneten erwarten mußte.

Hieran schloß sich unmittelbar die Versuche von Müller über die Anziehung von Hufeisen-Elektromagneten. Sie können aus denselben Gründen wie die obigen nicht das gesuchte Gesetz zeigen. Wie will Hr. Müller bei einem 6,5^{mm} und 10^{mm} dicken *Hufeisen* das Gesetz finden, während nach seinen eigenen früheren Beobachtungen *Stäbe* von 12^{mm} und 15^{mm} Durchmesser noch den Sättigungspunkt durchblicken lassen? Fertigt man Hufeisen aus Stäben an, die *gerade* angewandt schon eine Annäherung an den Sättigungspunkt zeigen, so muß derselbe in noch viel höherem Maasse bei ihnen hervortreten, wenn sie in Hufeisenform angewandt werden; weil durch das Auflegen des Ankers auf beide Pole des Magneten ein viel stärkerer Magnetismus hervorgerufen wird, als in dem geraden Stabe. Wenn gerade Stäbe bei einer bestimmten Magnetisirung noch kein Maximum durchblicken lassen, so ist dieß bei derselben Intensität schon möglich, wenn sie als Hufeisen angewandt werden.

Die Versuche der HH. Lenz und Jacobi sind höchst wahrscheinlich aus dem Grunde von ihnen verworfen worden, weil sie meinten, das Gesetz der quadratischen Wirkung der Ströme finde bei geraden Stäben auch bei unmittelbarer Berührung des Ankers statt. Das fanden sie nicht und hielten deshalb ihre Versuche für abnorm, während

sie nach obigem Satze den Erscheinungen bei Stäben ziemlich analoge Resultate zeigen. Leider finde ich bei ihren Versuchen mit Hufeisen keine Angaben über die Dicke der Kerne. Vielleicht würde sich daraus auch der Grund nachweisen lassen, warum sie bei der Anziehung aus Entfernung nicht *genau* das Quadrat der Ströme erhalten haben. Ohne Zweifel wird Sättigung eingetreten seyn.

Die Beobachtungen des Hrn. Prof. Poggendorff weichen von dem erwarteten Gesetze in demselben Sinne noch mehr ab als die aller früheren Experimentatoren. Nach ihm ist das Verhältniß der Tragkraft zum Strome nicht einmal wie das der Wurzel aus dem letzteren. Diese Anomalie kann wohl auch in nichts Anderem als in der Sättigung ihren Grund haben.

Diese Betrachtungen leiteten mich als ich mich entschloß, die Versuche über die Anziehung hufeisenförmiger Elektromagnete wieder aufzunehmen, in der Hoffnung, die Identität der Stabanziehung mit jenen nachzuweisen.

Es wurde zu dem Zwecke für die verschiedenen Stäbe mit denen die früheren Untersuchungen angestellt waren, ein Stück weiches Eisen, 7" lang, 2" breit und $\frac{5}{8}$ " dick, auf der einen Seite abgeschliffen und mit Löchern in $\frac{1}{4}$ " Entfernung von einander versehen. Auf dieses konnten nun, mittelst Schrauben, alle jene Stäbe mit ihren ebenen Endflächen aufgeschraubt und so Hufeisen von beliebiger Länge und Entfernung der Schenkel hergestellt werden. Die ersten Messungen wurden mit einem Anker vorgenommen, der auf den Polen mit einer Ebene auflag. Diese Ebene trennte sich jedoch nicht mit einem Male vom Magneten, sondern der Anker hob sich immer mit einer Kante zuerst, und man erhält dann als Maafs die Kraft, mit der die zuletzt gehaltene Kante abgerissen wird. Es ist leicht zu ersehen, daß bei dieser Weise des Experimentirens die Anziehung variiren mußte, je nachdem der Anker mit der zuerst abreisenden Kante mehr oder weniger gehoben wurde, d. h. je mehr oder weniger er nach einer Seite hin aufgesetzt war.

Allein trotz dieser Ungenauigkeit erhielt ich doch bei dem ersten Versuch, wo ich 3 Blätter Papier zwischen Anker und Magnet legte, folgende Reihe, welche das Gesetz durchaus nicht verkennen liefs.

	Relat. Stromstärke	Anziehung.
Strom 4°	1	1,12 Pfd.
„ 8°	2	4,9 „
„ 12°	3	11 „

Es zeigt sich hier ein Verhältnifs, welches das Quadrat der Ströme übersteigt. Diefs hat darin seinen Grund, dafs das angewandte Papier ziemlich weich, und deshalb bei gröfserer Anziehung mehr zusammengedrückt war, als wenn die anziehende Kraft geringer, so dafs also bei dem schwachen Strome wirklich ein etwas gröfserer Abstand vorhanden war. Sehen wir von diesem Versuchsfehler ab, so wird kein Zweifel seyn, dafs hier das Gesetz der Quadrate der Ströme obwaltet. — Um für spätere Fälle diesen Uebelstand zu vermeiden, wählte ich ein Stück sehr starkes und glattes, sogenanntes Bristolpapier, und legte dann diefs einfach dazwischen. Hier kann es nicht wohl vorkommen, dafs durch stärkere Anziehung dasselbe zusammengeprefst würde; allein es zeigt sich ein anderer, wenngleich geringerer Uebelstand. Dieses starke Papier federt nämlich ein Wenig und bewirkt dadurch zuweilen, wenn es nicht günstig aufgelegt ist, bei schwacher Anziehung, dafs der Anker etwas ferner von den Polen gehalten wird als in anderen Fällen. Dem ist es zuzuschreiben, wenn in manchen Reihen der erste oder die beiden ersten Versuche ein etwas zu kleines Resultat gaben. Wie schon gesagt ist es nicht immer der Fall; denn wenn man es günstig trifft, so ist im Anfange dieselbe Entfernung wie in allen späteren Fällen.

Die Versuche wurden mit dem (diese Annalen Bd. 74, S. 466 u. f.) beschriebenen Apparat angestellt. Das Hufeisen stand, wie früher der Stabmagnet, mit den Polen nach oben, und der Anker wurde mittelst des Hebels, auf dem ein Laufgewicht verschoben wurde, abgerissen. Des sichern

Experimentirens wegen wurden in den meisten Fällen sauber gedrehte runde Stäbe, in der Mitte ihrer Länge mit einem Haken versehen, als Anker benutzt. Dieser Anker muß möglichst sorgfältig aufgelegt werden, so daß der Haken an welchem abgerissen wird, sich in gleicher Entfernung von beiden Polen befindet. Die Seite nämlich, welcher der Haken näher liegt, wird eher abgerissen. Obgleich dießs dennoch jedesmal stattfindet, so sind, wie man aus den Reihen erschen wird, die möglicher Weise dadurch veranlaßten Messungsfehler so unbedeutend, daß sie das Gesetz nicht im Geringsten getrübt haben. Ich erwähne hier dessen, weil Hr. Jacobi darin einen Grund sucht, warum das Gesetz bei seinen Versuchen nicht klar hervortrat.

Im Verlauf der Untersuchung wurden sämtliche Gesetze, welche über die Stabanziehung feststehen, an dem Hufeisen geprüft und also zunächst untersucht:

1. *»Wie verhält sich die Anziehung der Hufeisenmagnete in Bezug auf die Stärke des magnetisirenden Stromes bei gleicher Windungszahl der elektromagnetischen Spirale?«*

2. *»Wie verhält sich die Anziehung zur Windungszahl der Spirale bei gleichem Strom?«*

Hieraus ergiebt sich als allgemeinerer Fall:

3. *»Die Anziehung hufeisenförmiger Elektromagnete verhält sich wie das Quadrat aus dem Product des Stromes multiplicirt mit der Windungszahl.«*

4. *»Wie verhält sich die Anziehung zum Durchmesser der Kerne?«*

1.

»Wie verhält sich die Anziehung der Hufeisenelektromagnete zu der Stärke des magnetisirenden Stroms bei gleicher Windungszahl der elektromagnetischen Spirale?«

Zur Erforschung dieses Satzes wurden Hufeisen angewandt, deren Dicke zwischen $\frac{1}{2}$ " und 2" und der Länge der Schenkel zwischen 4" und 12" variirte.

I.

Anziehung hufeisenförmiger Elektromagnete, deren Schenkel 1" Durchmesser und 12", 9", 6" und 4" Länge haben. Die Axen der Schenkel sind $2\frac{1}{2}$ " von einander entfernt.

Relative Stromstärke.	Stromstärke.	Magnet 12". (648 VWin- dungen.)	9" lang. (440 VWin- dungen.)	6" lang. (312 VWin- dungen.)	4" lang. (208 VWin- dungen.)
1	4°	1,3 Pfd.	0,6 Pfd.	0,4 Pfd.	0,15 Pfd.
2	8°	5 "	2,6 "	1,4 "	0,65 "
3	12°	13 "	6 "	3,7 "	1,7 "
4	15 $\frac{1}{4}$ °	20,5 "	9,6 "	6,8 "	2,9 "
5	19°	32 "	14,6 "	10,4 "	4,4 "
6	23°	45 "	22 "	16 "	7 "
7	26°		31,5 "	21 "	9 "
8	29°		40,2 "	26 "	12 "

Die unter der Rubrik: »absolute« Stromstärke aufgeführten Grade geben die Ablenkung der Nadel an der Tangentenbussole an. Der klaren Uebersicht wegen ist noch eine Colonne, »relative Stromstärke,« daneben gesetzt, welche zeigt, wie die Zunahme des Stromes im einfachen Verhältnisse der natürlichen Zahlenreihe wächst. Hierbei ist jedoch, wie schon bei den früheren Versuchen ¹⁾ zu bemerken, daß nur bis auf halbe Grade gemessen ist, da geringere Abweichungen nicht mehr mit Genauigkeit abgelesen werden können; auch sind dieselben von so geringem Einfluß, daß sie für die vorliegenden Versuche keine merkbare Differenz hervorbringen.

Die Anziehung obiger Magnete wurde ausgeübt auf einen Anker (einen 1" dicken 5 $\frac{1}{4}$ " langen runden Stab), welcher durch das besagte Bristolpapier immer in derselben Entfernung von ihnen gehalten wurde.

Jeder Magnet war seiner ganzen Länge nach mit Spiralwindungen bedeckt, deren Zahl also sehr verschieden und deshalb unter jeden Magnet geschrieben ist. Die Reihen sind bei den stärksten Magneten so weit fortgesetzt als es dem Apparate zugetraut werden durfte. Es giebt nämlich

1) Diese Ann. Bd. 85, S. 241.

eine bedeutende Erschütterung, wenn $\frac{1}{8}$ Ctr., an den Hebelarm gehängt, auch nur 1" hoch herunterschlägt.

Diese Reihen beweisen klar, dafs die Anziehung im Verhältnifs der Quadrate der Ströme wächst.

Um zu zeigen, dafs das Gesetz nicht nur bei der Dicke des Kerns von einem Zoll statt habe, wählte ich noch drei andere Magnete von 6" Länge, deren Dicke $\frac{1}{2}$ ", $1\frac{1}{4}$ " und 2" betrug. Die Axen der Schenkel waren ebenfalls $2\frac{5}{8}$ " von einander entfernt, und die Anziehung wurde wieder mit dem obigen Anker bei dem dazwischen gelegten Papier gemessen.

II.

Relative Stromst.	absolute Stromst.	Magnet 2".	$1\frac{1}{4}$ ".	1".	$\frac{1}{2}$ " dick.
1	4°	0,8 Pfd.	0,72 Pfd.	0,4 Pfd.	0,18 Pfd.
2	8°	3,4 "	2,8 "	1,4 "	0,75 "
3	12°	8 "	6,4 "	3,7 "	1,7 "
4	$15\frac{1}{2}$ °	13,2 "	11,3 "	6,8 "	3 "
5	19°	20 "	17 "	10,4 "	4,3 "
6	23°	31 "	24 "	15 "	5,8 "
7	26°	41 "	34 "	20 "	6,4 "
8	29°	53 "	45 "	26 "	7,6 "

Die drei neuen Versuchsreihen sind mit der einen, vorn verzeichneten, wo die Schenkel 1" Durchmesser haben, zusammengestellt. Auch sie zeigen mit Ausnahme der letzten Versuche des $\frac{1}{2}$ " dicken Magneten dasselbe Gesetz wie die vorigen. Was diese letzten Versuche anbetrifft, so stellt sich hier schon eine Annäherung an den Sättigungspunkt heraus, der in einem späteren Falle bei derselben Dicke des Hufeisens noch deutlicher hervortreten wird. Während nämlich die drei letzten Versuche heifsen: 5,8 Pfd. — 6,4 Pfd. — 7,6 Pfd., findet sich, wenn man sie nach den früheren berechnet, ungefähr 6,7 Pfd. — 9 Pfd. — 12 Pfd.

Abgesehen von dieser (eigentlich doch schon erwarteten) Abweichung, erhellt aus der angeführten Reihe untrüglich:

„Die Anziehung der Hufeisenmagnete verhält sich, bei gleicher Windungszahl der elektromagnetischen Spirale, wie die Quadrate der magnetisirenden Ströme.“

Nachdem in dieser Weise der wichtigste Satz für Elektromagnete entschieden war, waltete kein Zweifel mehr ob, daß sich auch das Gesetz in Bezug auf die Windungszahl wie bei geraden Elektromagneten zeigen würde.

2.

»In welchem Verhältniß steht die Anziehung zur Windungszahl der elektromagnetischen Spirale bei gleicher Stärke des galvanischen Stroms?«

Die Versuche wurden zu diesem Zweck in der Weise angestellt, daß Spiralen angewandt wurden, welche aus zweien parallel laufenden Drähten gewickelt und so eingerichtet waren, daß der Strom hinter einander durch beide oder nur durch einen derselben gesandt werden konnte. Die Spirale war somit in beiden Fällen in gleicher Weise über den Kern verbreitet, nur daß die Windungen bei der einfachen Zahl derselben noch einmal so weit von einander entfernt waren, als bei der doppelten Anzahl.

Das Hufeisen war das schon vorn benutzte, dessen Schenkel jeder 6" lang und 1" dick war. Die Entfernung der Schenkel von einander betrug $2\frac{1}{3}$ " (von Mitte zu Mitte).

Die genannten Spiralen haben 2" inneren Durchmesser, umschließen also diesen 1" dicken Kern nicht eng. Ein Holzcyylinder über denselben gesteckt hielt die Spiralen in der gehörigen Weise, so daß ihre Axen mit denen der Kerne zusammenfielen.

III.

Relative Stromst.	absolute Stromst.	312 Wwind.	156 Wwind.
3	5°	1 Pfd.	0,24 Pfd.
4	7°	2 "	0,5 "
6	10°	4,4 "	1,1 "
8	13 $\frac{1}{2}$ °	8,4 "	2,2 "
12	19 $\frac{1}{2}$ °	18 "	4,6 "

Die Stromstärken sind so gewählt, daß immer die abwechselnden einander in der Weise entsprechen, daß die folgende das Doppelte der vorhergehenden ist.

Wir finden hier das erwartete Gesetz durchaus bestätigt. Die doppelte Windungszahl giebt genau die 4fache Kraft der einfachen, denn die vorhandenen Abweichungen müssen auf die Versuchsfehler gerechnet werden.

Zur genaueren Bestätigung dieses Satzes wählte ich noch einen Magneten, dessen Schenkel 2" dick und 12" lang waren. Als Anker wurde ein 2" dicker Stab gewählt und zwischen diesen ein Brettchen, ungefähr $\frac{1}{16}$ " stark, gelegt.

Es waren also hier alle Verhältnisse von denen im vorigen Versuche verschieden. Das Resultat war folgendes:

IV.			
Relative Stromst.	absolute Stromst.	312 WWind.	156 WWind.
1	10°	1,45 Pfd.	0,34 Pfd.
2	19°	6 "	1,4 "

Wir sehen, dafs auch für diesen Fall, wo, wie ich bemerken mufs, die Spirale nur die obere Hälfte der Schenkel des Hufeisens umgab, sich das Gesetz ergibt:

»Die Anziehung verhält sich wie die Quadrate der Windungszahl der magnetisirenden Spirale.«

3.

»Verhält sich die Anziehung hufeisenförmiger Elektromagnete wie das Quadrat aus dem Product des Stromes multiplicirt mit der Windungszahl?«

Die Versuchsreihen No. III und No. IV liefern uns Belege für das Bestehen eines solchen Verhältnisses. Während z. B. in No. III bei 312 Windungen der Spirale ein Strom von 5° den Anker mit einer Kraft von 1 Pfd. anzieht, zieht bei 156 Windungen der Strom von 10° Ablenkung 1,1 Pfd. Diefs ist genau das verlangte Resultat, denn der Strom 10° ist etwas mehr als das Doppelte von dem von 5°, was hier etwa 0,1 Pfd. austragen wird. Doppelte Windungszahl und doppelter Strom müssen 16fache Anziehung geben. Diefs zeigt sich hier bei 0,24 Pfd. und 4,4 Pfd., sowie bei 0,5 Pfd. und 8,4 Pfd. und endlich bei 1,1 Pfd. und 18 Pfd. Bei dem ersten Fall (0,24 und 4,4 Pfd.) zeigt sich wieder der oben erwähnte Fehler der geringern Anziehung.

Da spätere Versuche die Anwendung des Satzes nöthig machen, wo dann derselbe ebenfalls Bestätigung findet, so habe ich hier nicht besondere Versuche für nöthig gehalten. Es folgt genügend aus dem Vorangehenden:

»Die Anziehung verhält sich wie das Quadrat der Stromstärke multiplicirt mit dem Quadrat der Windungszahl.«

Wenn nun die Wirkung der Hufeisenmagnete in Entfernung demselben Gesetze folgt, wie die der Stabmagnete, so schien es mir nöthig, bevor man zu der Untersuchung anderer Verhältnisse übergehe, festzustellen, dafs auch für die Tragkraft in beiden Fällen dieselben Gesetze obwalten.

Schon die HH. Lenz und Jacobi haben Reihen erhalten, welche beweisen, dafs dies wirklich der Fall ist. Sie finden sich in diesen Annalen Bd. 47, S. 415 und es wird darüber gesagt: »Im Allgemeinen wachsen zwar die Tragkräfte in einem stärkeren Verhältnisse als die Ströme, indessen keinesweges im quadratischen.«

Die folgenden Versuche wurden mit dem 6 zölligen Hufeisen, dessen Schenkel 1" dick sind, angestellt. Es wurde hier der vorn erwähnte flache Anker benutzt, weil möglichst verschiedene Fälle herbeigeführt werden sollten.

Die Rubrik $\frac{p}{tg^2 v}$ enthält die Quotienten, welche entstehen, wenn man die Anziehung durch die Tang. der Stromintensität dividirt. Es war für diesen Fall nöthig dieselben hinzustellen, weil die Stromstärken nicht um Gleiches wachsen, so dafs man nicht leicht ohne sie die Verhältnisse der Zunahme erkennt.

V.

Tragkraft des 1" dicken Hufeisens mit 6" langen Schenkeln und einem flachen Anker.

	$\frac{p}{tg^2 v}$
Strom $3^\circ = 11,4$ Pfd.	217
» $4^\circ = 14,5$ »	207
» $6^\circ = 24$ »	240
» $8^\circ = 34,3$ »	243
» $10^\circ = 53,6$ »	298
» $12^\circ = 68$ »	320

Diese Reihen zeigen uns im Ganzen dieselben Erscheinungen wie die mit geraden Stäben, welche ich früher gefunden habe ¹⁾. Es findet nämlich eine Vergrößerung des Verhältnisses bei jeder Vermehrung der Stromstärke statt; denn dafs dasselbe bei 4° etwas kleiner ist wie bei 3°, mufs, wie das ganze Fortschreiten zeigt, auf einem Versuchsfehler beruhen. Ebenso mufs die Zunahme des Verhältnisses von 6° zu 8° einem Fehler zugeschrieben werden, denn sie ist zu klein gegen die von 8° zu 10°. Das Vorkommen solcher Fehler läfst sich auch aus dem Auflegen des flachen Ankers, wie ich das vorn auseinandergesetzt habe, leicht erklären.

Zur Erleichterung des Vergleichs mit den Reihen bei den geraden Stäben, wo die Anziehung durch Kugeln aus weichem Eisen gemessen wurde, habe ich hier eine Zusammenstellung jener Quotienten mit diesen gemacht:

	Hufeisen.	Stab No. 1.	Stab No. 2.	Stab No. 3.
4°	207	402	136	
8°	243	200	149	536
12°	320	588	211	870.

Es sind hier nur die drei ersten Versuche jener frühern Reihen aufgezeichnet, weil hier, wie schon oben bemerkt, der grossen Anziehung wegen, der Strom nicht über 12° gesteigert wurde, und von 12° nur noch die beiden 8° und 4° angestellt sind.

Multipliciren wir obige Reihen mit dem nöthigen Factor, um, des leichtern Vergleichs wegen, bei 4° dieselbe Zahl zu erhalten, so zeigen sich die Verhältnisse folgendermassen:

	Hufeisen.	Stab No. 1.	Stab No. 2.	Stab No. 3.
4°	207	207	207	207
8°	243	246	237	243
12°	320	290	335	398.

Diese Reihen zeigen, dafs im Ganzen derselbe Gang der Zunahme der Quotienten vorhanden ist, welcher sich durch die Verschiedenheit des Ankers, der angewandt wurde, modificirt. Das leuchtet vollkommen ein, dafs eine allmähige

1) Diese Ann. Bd. 85, S. 241, 242 und 243 No. I, II und III.

Steigerung des Verhältnisses von dem einfachen der Stromstärke zum quadratischen stattfindet.

Da ich in der Tabelle No. II bei dem Magneten von $\frac{1}{2}$ " Durchmesser bei Anwendung höherer Grade der Stromstärke schon ein Zurückbleiben hinter der gesetzmässigen Kraft bemerkt hatte, so mußte sich diese Erscheinung, wenn das Eintreten des Sättigungspunktes die Ursache war, noch viel deutlicher zeigen, wenn die Tragkraft gemessen würde.

Es ergab sich folgende Reihe:

VI.

Strom	4°	=	4,8 Pfd.
"	8°	=	9,6 "
"	12°	=	13,5 "
"	15 $\frac{1}{2}$ °	=	17 "
"	19°	=	21 "
"	23°	=	23,7 "
"	26°	=	26,8 "
"	29°	=	29 "
"	32°	=	30,2 "

Hier finden wir nicht dasselbe Verhältniß wie bei den anderen Reihen, sondern hier bleibt die Tragkraft hinter dem geraden Verhältniß der Stromstärke zurück, nachdem sie bei niederen Strömen eben wie in den anderen Reihen gewachsen war. Mit einem Wort: Es zeigt sich hier wieder eine Annäherung an den Sättigungspunkt.

Ich habe schon vorn darauf aufmerksam gemacht, daß beim Hufeisen sich viel eher das Maximum zeigen müsse als bei bloßen Stäben, weil nämlich durch das Auflegen des Ankers auf beide Pole und die dadurch herbeigeführte wechselseitige Induction überhaupt viel mehr Magnetismus entwickelt wird, als wenn Magnet und Anker sich nur an einem Pole berühren. Die Versuche bestätigen diese vorn gemachten Schlüsse und beweisen zu gleicher Zeit auch, daß die von Hrn. Müller angewandten Hufeisen, welche 0,4" und 0,23" Durchmesser haben, zu dünn waren, um das Gesetz der Tragkraft erkennen zu lassen.

Es ist hier wohl am Orte noch der Versuche Erwähnung zu thun, die Hr. Oersted in einer Anmerkung des Aufsatzes in Pogg. Ann. Bd. 75, S. 447 als sehr beachtenswerth hinstellt. Er sagt darin, daß sein Magnet bei Anwendung von 16 Elementen nur die doppelte Tragkraft wie bei einem Elemente zeige, wogegen bei der Wirkung aus Entfernung sich ein günstigeres Verhältniß herausstelle. Diefs findet wohl seine Erklärung darin, daß schon bei einem Elemente ein hoher Grad der Sättigung bei der Magnetisirung stattgefunden; wenigstens läßt es sich aus dem Umstande entnehmen, daß der Magnet bei einem Element 720 Kilogramm trägt. Hat solche Sättigung stattgefunden, so erklärt sich daraus das Auftreten günstiger Verhältnisse für die Wirkung auf Entfernung. Da nämlich bei 1,33^{mm} Abstand der Effect eines Elements nur 0,178 von dem desselben Elements bei Berührung war, so konnte sich der Magnetismus jetzt bei Zunahme des Stroms leicht mehr steigern als diefs früher möglich gewesen, wo bei 8mal größerer Kraft schon der Magnetismus dem absoluten Maximum des Hufeisens viel näher war.

Alle Hufeisenmagnete an denen bisher die Gesetze der Anziehung geprüft wurden, die von Fechner, Ritchie, dal Negro, von Lenz und Jacobi, Joule, Poggen-dorff und von Müller waren meines Wissens aus *einem* Stück gebogen. Wenngleich die großen Elektromagnete, wie sie jetzt nach Faraday's Vorgange zu den diamagnetischen Untersuchungen angewandt werden, alle diejenige Construction haben, wie sie bei den vorliegenden Versuchen benutzt worden, d. h. aus drei Stücken zusammengesetzt sind; so könnte man möglicher Weise doch zweifeln, ob bei ihnen auch dieselben Gesetze gelten wie bei den aus einem Stück gebogenen. Ich hielt es daher für nöthig, einen Versuch mit einem solchen Hufeisen aus einem Stück bestehend anzustellen. Ich nahm ein solches wie es mir gerade zur Hand war. Es ist aus einem 16 $\frac{1}{2}$ " langen $\frac{1}{16}$ " dicken Stabe verfertigt. Die Axen der Schenkel stehen 4" aus einander, so daß also für die Länge jedes Schenkels

ungefähr $6\frac{1}{2}$ " übrig bleiben. Dieses Hufeisen ist mit 70 Windungen 1" dicken, unbesponnenen Kupferdrath umwunden, welcher durch Seidenzeug gegen die Berührung mit dem Eisen geschützt ist. Als Anker wurde der 1" dicke Stab angewandt.

VII.

Anziehung eines $\frac{13}{16}$ " dicken Hufeisens aus einem Stück auf den 1" dicken $5\frac{1}{4}$ " langen Anker.

Rel. Stromst.	Abs. Stromst.	Anziehung.
1	8°	0,06 Pfd.
2	$15\frac{1}{2}$ °	0,25 "
3	23°	0,5 "
4	29°	1 "

Diese Reihe zeigt, dafs auch für diesen Fall die Anziehung sich verhält wie die Quadrate der magnetisirenden Ströme, woraus einfach folgt, dafs auch für die Windungszahl dasselbe gelten wird. —

Blicken wir nun auf die vorangegangenen Versuche zurück, so finden wir, dafs alle, selbst mit Einschluß des Falles, wo der zu geringe Durchmesser des Kerns eine Annäherung an das Maximum durchblicken läfst, zu dem Satze führen:

»Die Anziehung und Tragkraft der Elektromagnete folgt in Bezug auf Stromstärke und Windungszahl bei Hufeisenmagneten genau denselben Gesetzen wie bei Stäben.«

4.

»Wie verhält sich die Anziehung zum Durchmesser des Kerns?«

Lenz und Jacobi haben durch Messen des Inductionstromes gefunden, *»dafs die in Eisenstäben von verschiedenem Durchmesser vorhandenen Magnetismen diesen Durchmesser proportional sind,«* sobald derselbe gröfser als $\frac{1}{3}$ " ist. Ist dieser Satz richtig, so folgt daraus nach allem Früheren für die *Anziehung*, dafs sich dieselbe wie die *Quadrate* der Durchmesser verhalten müsse, wenn

nur der gehörige Anker gewählt wird. Dieser Anker müßte ohne Zweifel ebenfalls dem Durchmesser des Kerns proportional wachsen. Wenn jedoch die HH. Lenz und Jacobi schon ungenaue Resultate wegen der vielen vorhandenen Fehlerquellen erhalten haben, so ist es zu erklären, warum ich bei meinen früheren Versuchen, wo die Gröfse der Berührungsfläche allein schon die Resultate oft total umkehrte, nicht zu einer klaren Anschauung gelangen konnte. Besonders aber war es deshalb unmöglich, weil ich bei meinen früheren Versuchen nie solche angestellt habe, wo Anker und Magnet in gleicher Weise an Durchmesser wuchsen. Wäre diefs geschehen, so hätte sich bei der Anziehung aus Entfernung, wo die Fläche nicht mehr wirkt, doch wohl schon deutlicher ein Gesetz zeigen müssen.

Hr. Müller kommt durch Rechnung aus seinen Versuchen über das Maximum des Magnetismus darauf, dafs, »so weit man den Stabmagnetismus der Stromstärke proportional setzen kann, der durch gleiche Ströme in verschiedenen Eisenstäben erzeugte Magnetismus der Quadratwurzel aus dem Stabdurchmesser proportional ist¹⁾«. Dieser Satz widerspricht dem von Lenz und Jacobi direct, und es fragt sich, welcher von beiden der richtige ist. Es leuchtet ein, dafs die *Anziehung* des Elektromagneten auf weiches Eisen sich immer quadratisch zu dem im Kern entwickelten Magnetismus verhalten mufs. Nehme ich den Kern von doppelt so grossem Durchmesser, und vergrößere in gleicher Weise auch den Anker, so sind 4 mal so viele Theile erregt als früher, es wird also dann die Anziehung im quadratischen Verhältnifs zu dem in beiden Stäben entwickelten freien Magnetismus stehen. Nach Lenz und Jacobi würde sich also die Anziehung zweier Stäbe wie das Quadrat, dagegen nach Müller einfach wie die Durchmesser derselben verhalten. Einige Versuche, die ich ausstellte, sprachen entschieden für das einfache Verhältnifs, da es jedoch nicht unmittelbar zu dem Verliegenden gehört und umfang-

1) Fortschritte d. Physik I. S. 498.

reichere Untersuchungen zu erfordern scheint, so behielt ich mir vor, die Resultate neu zu unternehmender Versuche hierüber später zu veröffentlichen. Die Aufgabe war hier, die Anziehung der Hufeisen in Bezug auf ihre Durchmesser zu prüfen.

Zu diesem Zweck wurden zunächst Vergleiche der Anziehung der Magnete in der Tabelle No. 2 angestellt. Bei diesen Reihen sehen wir, daß in vielen Fällen eine größere Anziehung auftritt, als das einfache Verhältniß der Durchmesser ergeben würde; allein die Zahlen sind dessen ungeachtet weit von dem Quadrate entfernt. Fragen wir uns aber, wie dann die Hufeisen hätten beschaffen seyn müssen, um voraussichtlich das Quadrat der Durchmesser bei der Anziehung zu geben, so finden wir auch, daß diese Magnete durchaus nicht den Anforderungen entsprechen. Es sind hier zwar die Schenkel der Hufeisen $\frac{1}{2}$ ", 1", $1\frac{1}{2}$ " und 2" stark, allein diese waren auf dasselbe Querstück aufgeschraubt worden, dessen Querschnitt $1\frac{1}{4}$ " □ beträgt und die Anziehung ist mit einem und demselben runden Stab als Anker (1" Durchmesser) gemessen. Es liegt aber auf der Hand, daß man ein Hufeisen nicht einen halben Zoll dick nennen kann, dessen Schenkel als Verbindung ein Eisenstück haben, daß 2" breit und $\frac{5}{8}$ " dick ist, auch kann man nicht das richtige Verhältniß der Anziehung erhalten, wenn bei verschiedenen Dicken des Magneten der Anker dieselbe Dicke behält.

Es wurde daher, um zu einem entscheidenden Resultat zu gelangen, zunächst ein quadratisches Querstück, dessen Querschnitt $\frac{1}{4}$ " □ betrug und ein Anker $\frac{1}{2}$ " Durchmesser sauber rund geschliffen, angefertigt. So bildeten nun das Hufeisen mit dem darauf gelegten Anker einen magnetischen Kreis, in welchem jeder beliebige Querschnitt fast gleich viele Theile zur Magnetisirung darbot.

Der Versuch mit diesem Hufeisen lieferte folgende Reihe, welche hier mit der von 1" Durchmesser zusammengestellt ist.

Relative Stromstärke.	Absolute Stromstärke.	Magnet 1".	Magnet $\frac{1}{2}$ " dick.
1	4 ^o	0,4 Pfd.	0,11 Pfd.
2	8 ^o	1,4 "	0,4 "
3	12 ^o	3,7 "	1,1 "
4	15 $\frac{1}{2}$ ^o	6,3 "	1,6 "
5	19 ^o	10,4 "	3 "
6	23 ^o	15 "	4 "
7	26 ^o	20 "	5,2 "
8	29 ^o	26 "	6,2 "

Vergleichen wir nun diese beiden Reihen, so finden wir hier ziemlich das quadratische Verhältniß der Durchmesser bei der Anziehung, welches sich bei Vermeidung kleinerer Abweichungen (wie z. B. die, daß das Querstück bei dem 1 zölligen noch nicht die gehörige Form hat) wohl noch deutlicher auftreten würde. Wenngleich es nun hiernach außer Zweifel scheint, daß sich bei Hufeisenmagneten die Anziehung wie die Quadrate der Durchmesser herausstellen werde, so bedarf es doch noch mannigfacher Abänderungen des Versuchs um den Satz unumstößlich festzustellen. Die dazu nöthigen Apparate werden erst angefertigt und ich schliesse daher den ersten Theil der Untersuchungen über die Hufeisenmagnete mit der Versicherung nächstens den 2. Theil derselben, zu dem schon mehrere Versuche vorliegen, zu veröffentlichen. Dieser soll außer der ausführlichen Behandlung der Frage über den Durchmesser der Hufeisen noch manche andere auf die Hufeisen bezügliche zu lösen suchen.

Berlin, den 1 Juni 1852.

IV. Ueber den Einfluss des Wassers bei chemischen Zersetzungen; von Heinrich Rose.

(Fortsetzung.)

1. Ueber die Verbindungen der Borsäure und des Wassers mit der Kalkerde.

1) Fällungen mittelst des neutralen Borax.

I. Gleiche Atomgewichte von Chlorcalcium und vom neutralen Borax ($\text{Na} + \text{B} + 8\text{H}$), jedes der Salze in 12 Th. kalten Wassers gelöst, wurden vermischt. Da die Lösung des neutralen Borax leicht Kohlensäure anzieht, so wurde sie erst einige Zeit hindurch im Kochen erhalten, darauf in einem gut verschlossenen Gefäße erkalten gelassen, und dann erst nach dem völligen Erkalten zu der Chlorcalciumlösung gesetzt. Der entstandene voluminöse Niederschlag senkte sich sehr schwer. Er wurde nicht ausgewaschen, sondern nach dem Filtriren zwischen Fließpapier so lange gepresst, bis dasselbe nicht mehr befeuchtet wurde. Die filtrirte Lösung reagirte stark alkalisch; sie gab mit Chlorcalciumlösung versetzt keinen Niederschlag mehr, wohl aber durch Auflösungen von neutralem und auch von gewöhnlichem Borax. Ein Theil des Chlorcalciums war also in der Lösung geblieben, mit dem borsauen Alkali eine lösliche Verbindung bildend, welche durch mehr borsaures Alkali zersetzt wird. Nach kurzer Zeit bildete sich auf der Oberfläche der Flüssigkeit eine Haut.

Nach dem Pressen zwischen Fließpapier war der Niederschlag frei von Kohlensäure, aber durchs Trocknen bei 100°C . zog er etwas Kohlensäure an. Nach dem Glühen aber löste er sich ohne Kohlensäure-Entwicklung in Chlorwasserstoffsäure auf. Nach einem Zusatz von Fluorwasserstoffsäure wurde die Auflösung zur Trockniss abgedampft, der Rückstand mittelst Schwefelsäure zersetzt, und aus der in chlorwasserstoffsäurehaltigem Wasser aufgelösten schwefelsauren Kalkerde die Kalkerde als oxalsaure

Kalkerde abgeschieden, worauf in der filtrirten Flüssigkeit die Menge des Natrons bestimmt wurde. In einem andern Theile der Verbindung wurden die Mengen der Kohlensäure und des Chlors bestimmt.

Die Zusammensetzung der bei 100° C. getrockneten Verbindung war nach Hrn. Webers Untersuchung, der auch fast alle folgenden Analysen ausgeführt hat, folgende:

		Sauerstoff.	Atome.	Berechnete Zusammensetzung.
Kalkerde	31,90	9,07	6	33,22
Borsäure	40,21	27,65	6	41,20
Kohlensäure	4,42	3,21	1	4,33
Wasser	20,18	17,94	12	21,25
Chlornatrium	2,01			100,00.
Chlorcalcium	1,28			
	100,00.			

Da die Verbindung unmittelbar nach der Bereitung keine Kohlensäure enthielt, so kann in ihr die Borsäure und die Kalkerde als eine neutrale Verbindung, den zur Bereitung angewandten Salzen analog angenommen werden. Aber die wasserhaltige neutrale borsäure Kalkerde zieht wie das wasserhaltige neutrale borsäure Natron Kohlensäure aus der Luft an, welche aber beim Glühen wie bei diesem durch die Borsäure wieder ausgetrieben wird. — Die Zusammensetzung der bei 100° C. getrockneten Verbindung wird also wesentlich durch die Formel $\text{CaB}_2 + 2\text{H}$ ausgedrückt.

Die Fällung des Kalkerdesalzes durch eine Auflösung von neutralem borsäurem Natron ist also ganz analog der durch einfach-kohlensaures Alkali erzeugten. Auch in diesem Falle bildet sich ein neutrales Salz, und Wasser kann bei der Fällung eben so wenig aus der borsäuren Kalkerde Borsäure wie aus der kohlensauren Kalkerde Kohlensäure austreiben.

Die neutrale borsäure Kalkerde enthält indessen Wasser, und zwar sehr fest gebunden, denn selbst durch hohe Temperaturen kann dasselbe nicht vollständig verjagt werden.

Das bei 100° C. getrocknete Salz erlitt durchs Trocknen bei 200° C. einen Gewichtsverlust von 10,67 Proc. Die aus diesem Verluste berechnete Zusammensetzung des Salzes ist, wenn man keine Rücksicht auf die kleinen Mengen von eingemengtem Chlorcalcium und von Chlornatrium nimmt, im Hundert folgende:

		Sauerstoff.	Atome.	Berechnete Zusammensetzung.
Kalkerde	36,43	10,36	5	36,81
Borsäure	47,98	32,00	5	45,66
Kohlensäure	4,96	3,60	1	5,76
Wasser	10,63	9,45	5	11,77
	<u>100,00.</u>			<u>100,00.</u>

Die Menge der Borsäure erscheint hierbei aus dem Grunde zu groß, weil die kleinen Mengen von eingemengtem Chlorcalcium und Chlornatrium darin begriffen sind. Es muß ferner hierbei bemerkt werden, daß die Menge der Kohlensäure in dem bei 200° C. getrockneten Salze nicht bestimmt, sondern angenommen wurde, daß sich durch diese Temperatur die Kohlensäure weder vermehrt noch vermindert habe, was übrigens nicht ganz wahrscheinlich ist. Durch längeres Aufbewahren beim Zutritt der Luft nahm nämlich der Kohlensäuregehalt des bei 100° C. getrockneten Salzes zu, denn nach mehreren Tagen betrug der Glühverlust 27,14 Proc., statt 24,60 wie früher.

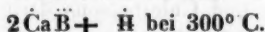
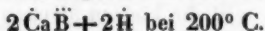
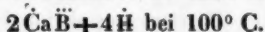
Wie dem nun auch sey, so ist die Zusammensetzung des bei 200° C. getrockneten Salzes offenbar $\text{CaB} + \text{H}$.

Der Wassergehalt des Salzes wird selbst durch eine Temperatur von 300° C. nicht vollständig ausgetrieben. Dieser längere Zeit ausgesetzt, zeigte es folgende Zusammensetzung.

		Sauerstoff.	Atome.	Berechnete Zusammensetzung.
Kalkerde	38,60	10,98	5	39,61
Borsäure	50,87	34,98	5	49,13
Kohlensäure	5,24	3,81	1	6,20
Wasser	5,29	4,70	2	5,06
	<u>100,00.</u>			<u>100,00.</u>

Bei dieser Untersuchung ist ebenfalls angenommen, daß bei der starken Erhitzung der Kohlensäuregehalt sich nicht verändert habe. Die kleinen Mengen des eingemengten Chlorcalciums und Chlornatriums sind auch bei dieser Aufstellung in dem Gehalte der Borsäure begriffen, wodurch dieser zu groß ausgefallen ist.

Man sieht, daß der Wassergehalt etwas größer ist, als nach den berechneten Resultaten. Sehr wahrscheinlich ist die Zusammensetzung der bei 300° C. erhitzten Verbindung $\text{CaB} + \frac{1}{2}\text{H}$, oder $2\text{CaB} + \text{H}$. — Die Zusammensetzung der bei verschiedenen Temperaturen getrockneten neutralen borsauren Kalkerde ist daher folgende:



II. Die Fällung des Chlorcalciums durch eine Auflösung von neutralem Borax wurde auf dieselbe Weise wie beim Versuche I. noch einmal ausgeführt, der in der Kälte erhaltene Niederschlag wurde aber mit kaltem Wasser ausgewaschen. Das Auswaschen konnte aber wegen der Löslichkeit des erhaltenen Salzes nicht lange fortgesetzt werden, und zwar nicht einmal so lange, daß das Waschwasser keinen Chlorgehalt mehr zeigte.

Während des Auswaschens und des Trocknens hatte der Niederschlag Kohlensäure angezogen; durch das Glühen aber wurde mit dem Wasser auch alle Kohlensäure ausgetrieben. Die Untersuchung geschah wie bei der Verbindung des Versuchs I. Die Zusammensetzung der bei 100° C. getrockneten Verbindung war:

		Sauerstoff.	Atome.	Berechnete Zusammensetzung.
Kalkerde	33,00	9,38	5	33,64
Borsäure	40,03	27,53	5	41,73
Kohlensäure	5,09	3,70	1	5,26
Wasser	19,07	16,95	9	19,37
Chlornatrium	2,08			100,00.
Natron	0,73	0,19		
	100,00.			

In

In der neutralen borsäuren Kalkerde ist die Säure mit der Base mit einer solchen Verwandtschaft verbunden, daß das Auswaschen mit Wasser, das freilich wegen der Löslichkeit des Salzes nicht lange fortgesetzt werden konnte, die Verbindung nicht einmal theilweise zu zersetzen vermag. In dem untersuchten ausgewaschenen Salze ist eine geringe Menge Wasser weniger als in dem nicht ausgewaschenen, aber dafür ist durch das Auswaschen mehr Kohlensäure aufgenommen worden, so daß unstreitig ursprünglich die Zusammensetzung derselben $\text{CaB} + 2\text{H}$ gewesen ist.

III. Nachdem die Lösungen von Chlorcalcium und von neutralem Borax in 12 Theilen Wasser, von beiden gleiche Atomgewichte, kochend mit einander vermischt worden waren, wurde das Ganze einige Minuten hindurch gekocht, dann sogleich filtrirt, und nachdem die Flüssigkeit vollkommen abgelaufen war, wurde die Fällung zwischen Fliesspapier gepreßt. Sie war in diesem Zustande noch frei von Kohlensäure, welche erst beim Trocknen angezogen wurde. Die filtrirte Flüssigkeit reagirte stark alkalisch; sie wurde nicht getrübt durch Lösungen von Chlorcalcium, von neutralem und von gewöhnlichem Borax, aber vermittelst Oxalsäure gab sie einen starken Niederschlag von oxalsaurer Kalkerde; sie enthielt also borsäure Kalkerde oder eine lösliche Doppelverbindung von Chlorcalcium mit borsäurem Alkali, und zwar in solchem Verhältniß, daß sie durch Zusetzen von letzterem nicht zersetzt wird.

Die Untersuchung der bei 100°C. getrockneten Verbindung geschah wie die des Versuchs I. Das Resultat derselben war:

		Sauerstoff.	Atome.	Berechnete Zusammensetzung.
Kalkerde	34,86	9,91	11	36,74
Borsäure	40,51	27,85	10	41,42
Kohlensäure	3,26	2,37	1	2,61
Wasser	19,10	16,98	18	19,23
Natron	0,09	0,02		100,00.
Chlornatrium	2,18			
	100,00.			

In der berechneten Zusammensetzung ist etwas mehr Kalkerde, als die Untersuchung selbst gegeben hat; jedenfalls aber sieht man, daß durch den Einfluß des heißen Wassers die neutrale borsaure Kalkerde zersetzt werden kann, und die Zersetzung würde noch weiter fortgeschritten seyn, wenn die kochenden Auflösungen noch verdünnter hätten angewandt werden können, was wegen der Löslichkeit des Salzes aber nicht füglich anging. — Die Zusammensetzung der gefällten Verbindung ist übrigens wesentlich $\text{CaB} + 2\text{H}$.

In der neutralen Verbindung der Kalkerde mit der Kohlensäure ist daher die Säure mit der Base mit stärkerer Verwandtschaft mit einander verbunden, als in der neutralen Verbindung dieser alkalischen Erde mit der Borsäure, da diese aber nicht jene durch heißes Wasser zersetzt zu werden scheint.

2) Fällungen vermittelt des gewöhnlichen Borax.

Alle bisher untersuchten borsauren Salze, welche durch Fällungen erhalten wurden, sind durch den gewöhnlichen Borax erzeugt worden. Bei Anwendung desselben sind die Erscheinungen verwickelter. Die durch das zweifach-borsaure Natron erzeugten Verbindungen unterscheiden sich wesentlich von denen, welche zweifach-kohlensaure Alkalien in neutralen Kalkerdesalzen hervorbringen. Diese bestehen, wie ich früher gezeigt habe ¹⁾, aus einfach-kohlensaurer Kalkerde, jene aber sind als saure Salze zu betrachten, obgleich von weniger saurer Zusammensetzung als das angewandte borsaure Alkali. Ein Theil der Borsäure wird durch Wasser ausgetrieben; das entstandene Kalkerdehydrat verbindet sich aber so innig mit der gefällten zweifach-borsauren Kalkerde, daß durch das Trocknen nicht Kohlensäure angezogen wird. Es sind dies also ähnliche Verbindungen eines Borats mit einem Hydrat, die durch eine gegenseitige Verwandtschaft der Einwirkung des Wassers mit einer gewissen Hartnäckigkeit widerstehen, wie

1) Pogg. Ann. Bd. 86, S. 296.

wir Verbindungen von Carbonaten mit Hydraten kennen, bei denen dieß ebenfalls der Fall ist. Nur enthalten diese Verbindungen neutrale Carbonate, während auch saure Borate sich mit Hydraten verbinden, und selbst durch hohe Temperaturen den Wassergehalt nicht verlieren.

I. Vom gewöhnlichen Borax und vom Chlorcalcium, nachdem jedes der Salze in 12 Theilen kalten Wasser gelöst worden war, wurden gleiche Atomgewichte mit einander vermischt. Der voluminöse Niederschlag senkte sich schwer; die abfiltrirte Flüssigkeit gab mit einer Lösung von Chlorcalcium keinen Niederschlag, aber einen sehr beträchtlichen mit einer Boraxlösung. Es hatte sich also auch hier eine lösliche Verbindung von Chlorcalcium mit borsaurem Alkali gebildet.

Da der Niederschlag im Wasser löslich ist, so wurde er nach dem Filtriren nicht ausgewaschen, sondern zwischen Fliesspapier geprefst. Die Untersuchung der Verbindung geschah, wie schon früher angeführt wurde. Das Resultat derselben, nachdem das Salz bei 100° getrocknet worden, war folgendes:

		Sauerstoff.	Atome.	Berechnete Zusammensetzung.
Kalkerde	24,70	7,02	3	24,83
Borsäure	49,80	34,25	5	51,34
Wasser	22,01	19,56	9	23,83
Natron	1,18	0,30		100,00
Chlornatrium	2,31			
	100,00.			

Nach einer anderen Untersuchung ist die Zusammensetzung der bei 100° getrockneten Verbindung folgende:

		Sauerstoff.	Atome.	Berechnete Zusammensetzung.
Kalkerde	25,37	7,21	3	25,51
Borsäure	50,58	34,79	5	52,73
Wasser	20,47	18,20	8	21,76
Natron	1,20			100,00
Chlornatrium	2,38			
	100,00.			

Diese Zusammensetzung kann auf verschiedene Weise gedeutet werden. Man kann annehmen, daß das Salz eine Verbindung von neutraler und von zweifach-borsaurer Kalkerde mit Krystallwasser sey, nach der Formel $\text{Ca}\ddot{\text{B}} + 2(\text{Ca} + 2\ddot{\text{B}}) + 9\text{H}$ (oder 8H) zusammengesetzt. Wahrscheinlicher aber ist das Salz eine Verbindung von zweifach-borsaurer Kalkerde und von Kalkerdehydrat, und zwar nach der Formel $5(\text{Ca} + 2\ddot{\text{B}} + 3\text{H}) + \text{Ca}\text{H} + \text{H}$ zusammengesetzt. Letztere Ansicht wird besonders durch das Verhalten des Salzes bei höheren Temperaturen unterstützt. Es erleidet nämlich, nachdem es bei 100°C . getrocknet worden, einen Gewichtsverlust

von 10,47 Proc. durch eine Temperatur von 200°C .

„ 15,23 „ „ „ „ „ 300°C .

„ 20,47 „ durchs Glühen.

Die aus dem Wasserverluste bei 200°C . berechnete Zusammensetzung der Verbindung ist folgende:

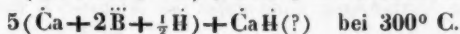
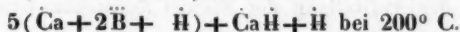
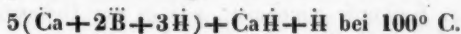
		Sauerstoff.	Atome.	Berechnete Zusammensetzung.
Kalkerde	28,25	8,03	6	29,06
Borsäure	57,59	39,62	10	60,09
Wasser	10,10	8,98	7	10,85
Natron	1,30	0,33		100,00
Chlornatrium	2,76			
	100,00.			

Die aus dem Verluste bei 300°C . berechnete Zusammensetzung ist folgende:

		Sauerstoff.	Atome.	Berechnete Zusammensetzung.
Kalkerde	29,87	8,49	3	30,48
Borsäure	59,69	41,05	5	63,02
Wasser	6,17	5,48	2	6,50
Natron	1,36	0,35		100,00
Chlornatrium	2,91			
	100,00.			

Die Zusammensetzung der den verschiedenen Tempe-

raturen ausgesetzten Verbindung kann am wahrscheinlichsten folgendermaßen ausgedrückt werden:



Die erste Verbindung enthält hiernach 17 Atome Wasser; die verschiedenen Untersuchungen haben 18 und 16 Atome gegeben.

Man könnte es unwahrscheinlich finden, daß ein Hydrat neben einem sauren borsäuren Salze in einer Verbindung bestehe. Saure Salze mit starken Säuren werden sich auch nicht mit Hydraten verbinden, aber eine so schwache Säure wie die Borsäure kann andere schwache Säuren nicht aus Verbindungen austreiben. Die freie Borsäure kann in Auflösungen neben kohlen-sauren Salzen bei gewöhnlicher Temperatur bestehen, und man kann auch die Temperatur bis zur Kochhitze steigern, ohne eine Entwicklung von Kohlensäure bewirken zu können, wenn nicht die Auflösungen zu concentrirt sind. Es ist ferner bekannt, daß zweifach-borsaures Natron neben kohlen-saurem Natron bestehen kann, und daß der neutrale Borax, in seiner Auflösung, durch den Einfluß der Kohlensäure in der atmosphärischen Luft sich in gewöhnlichen Borax und in kohlen-saures Natron verwandelt. Durch den Einfluß der chemischen Masse des Wassers kann daher aus der zweifach-borsauren Kalkerde ein Theil der Borsäure ausgetrieben, und durch Wasser ersetzt werden, und das Wasser in dem Kalkerdehydrate der entstandenen Verbindung kann wie bei dem auf gewöhnliche Weise erzeugten Kalkerdehydrate erst bei Rothgluth verjagt werden. — Wir werden später sehen, daß wenigstens beim Baryterdesalze das Hydrat durch einen lange dauernden Einfluß der atmosphärischen Luft Kohlensäure aufnehmen und die kohlen-saure Erde neben der zweifach-borsauren Erde bestehen kann.

In dem geglühten Salze, welches kein Wasser enthält, kann man freilich nicht freie Kalkerde neben zweifach-borsaurer Kalkerde annehmen, wie es der Uebersicht wegen, in der Aufstellung der Formel angenommen ist. Die geglühte Verbindung muß daher als $3\text{Ca}+5\text{B}$ betrachtet werden.

Auffallend ist es aber, daß neben dem Krystallwasser der zweifach-borsauren Kalkerde und dem Wasser des Kalkerdehydrats noch ein Atom Wasser in der Verbindung enthalten ist. Es ist nicht unmöglich, daß die Kalkerde sich in diesem Falle mit 2 Atomen Wasser verbunden hat, wie wir denn auch beim Kali, bei der Baryterde und der Strontianerde mehr als ein Hydrat kennen. Es wäre dann aber auffallend, daß dieses zweite Atom Wasser mit der Kalkerde selbst bei einer Temperatur von 300° verbunden bleibt. — Uebrigens enthalten sehr oft die Verbindungen der Carbonate mit Hydraten außer dem Krystallwasser des neutralen kohlensauren Salzes und dem Wasser des Hydrats noch Wasser. — Es ist aber hierbei noch zu bemerken, daß der Ueberschuß des Wassers zum Theil von der Beimengung des zweifach-borsauren Natrons herrührt, das bei 100° nur die Hälfte des Krystallwassers verliert, und noch 5 Atome davon behält.

Die Verbindung $3\text{Ca}+5\text{B}$ erhält man rein und möglichst befreit vom eingemengten Borax und Chlornatrium, wenn man kalte Auflösungen von Borax und von Chlorcalcium so mit einander vermischt, daß in der abfiltrirten Lösung noch unzersetzter Borax vorhanden ist, und in derselben durch Chlorcalcium ein Niederschlag hervorgebracht wird. Man wäscht sie so lange mit Wasser aus bis das Waschwasser mit einer neutralen Auflösung von salpetersaurem Silberoxyd einen gelb-braunen Niederschlag erzeugt, und nach Hinzufügung von Salpetersäure nur eine höchst geringe Opalisirung sichtbar ist. Der Niederschlag enthält zwar noch immer etwas Chlor, doch in höchst geringer Menge. Von dieser Zusammensetzung habe ich diese Verbindung schon bei meinen früheren Unter-

suchungen erhalten; doch den Wassergehalt bei verschiedenen Temperaturen nicht bestimmt.

II. Die kalten Auflösungen gleicher Atomgewichte von Chlorcalcium und von zweifach-borsaurem Natron wurden wie beim Versuch I. mit einander vermischt, der erhaltene Niederschlag aber mit kaltem Wasser ausgewaschen. Indessen auch bei diesem Versuche konnte durch das Auswaschen, wegen der Löslichkeit der Verbindung, der Chlorgehalt derselben nicht fortgeschafft werden. Es mußte mit dem Waschen aufgehört werden, als von dem großen voluminösen Niederschlag nur noch eine geringe Menge auf dem Filtrum geblieben war. Das Waschwasser ist zuletzt eine fast reine Auflösung von borsaurer Kalkerde. Es bringt, wie eine verdünnte Boraxauflösung, einen braunen Niederschlag von Silberoxyd in einer salpetersauren Silberoxydlösung hervor. Die Zusammensetzung der bei 100° C. getrockneten Verbindung war folgende:

		Sauerstoff.	Atome.	Berechnete Zusammensetzung.
Kalkerde	26,88	7,64	2	27,60
Borsäure	50,06	34,43	3	50,63
Wasser	21,30	18,93	5	20,77
Natron	1,53	0,39		100,00
Chlornatrium	0,23			
	<u>100,00.</u>			

Die Verbindung enthielt außerdem noch eine geringe Menge von Kohlensäure. Durch die längere Einwirkung des Wassers ist der Verbindung noch mehr Borsäure entzogen worden. Die Zusammensetzung kann durch die Formel $3(\text{Ca} + 2\text{B} + 3\text{H}) + \text{CaH}$ ausgedrückt werden. Das überschüssige Wasser fehlt dieser Verbindung.

Die Verbindung $2\text{Ca} + 3\text{B}$ erhält man immer wenn man kalte Auflösungen von Borax und von Chlorcalcium so mit einander vermischt, dafs in der abfiltrirten Flüssigkeit noch unzersetztes Chlorcalcium enthalten ist, und Borax in derselben noch einen starken Niederschlag erzeugt. Die möglichst gut ausgewaschene Verbindung

hat dann die Zusammensetzung $3(\text{Ca} + 2\ddot{\text{B}} + 3\text{H}) + \text{CaH}$ und verliert selbst bei 300°C. nicht alles Wasser aus der zweifach-borsauren Kalkerde; sie behält bei dieser Temperatur überhaupt noch etwas mehr als 3 Atome davon. Von dieser Zusammensetzung habe ich sie immer auf die angegebene Weise bei meinen früheren Untersuchungen erhalten.

III. Die Lösungen der Salze in 12 Theilen Wasser wurden nach gleichen Atomgewichten heiß vermischt und einige Zeit gekocht. Der voluminöse Niederschlag, der sich nicht senkte, wurde nach dem Filtriren zwischen Fließpapier gepreßt. Als ein anderer Theil der Fällung mit heißem Wasser ausgewaschen wurde, löste sie sich nach kurzer Zeit so vollständig auf, daß nichts auf dem Filtrum zurückblieb.

Die gepreßte Verbindung hatte bei 100°C. getrocknet folgende Zusammensetzung:

		Sauerstoff.	Atome.	Berechnete Zusammensetzung.
Kalkerde	26,17	7,45	7	27,82
Borsäure	48,37	33,27	10	49,29
Wasser	22,12	19,66	18	22,89
Natron	1,57	0,40		100,00
Chlornatrium	1,77			
	100,00.			

Durch die Einwirkung des heißen Wassers ist der Verbindung noch mehr Borsäure entzogen worden, als durch das Auswaschen mit kaltem Wasser. Die Zusammensetzung kann durch die Formel $5(\text{Ca} + 2\ddot{\text{B}} + 3\text{H}) + 2\text{CaH}$ ausgedrückt werden, welche 17 Atome Wasser erfordert. Die Analyse hatte 18 Atome gegeben; 1 Atom davon ist mit dem eingemengten zweifach-borsauren Natron verbunden.

3) Fällungen vermittelt des borsauren Ammoniaks.

Wie schon bemerkt wurde, hatte Berzelius bei seinen früheren Untersuchungen die Meinung geäußert, daß die Fällung der borsauren Baryterde die Säure in einem

größerem Verhältniß, als das zur Fällung angewandte borsäure Alkali enthalte. Wie aus dem Studium von Berzelius Schriften hervorgeht, war es das borsäure Ammoniak, das er zum Niederschlage borsaurer Salze benutzt hatte.

Die Borsäure hat das mit der ihr in so mancher Hinsicht ähnlichen Kohlensäure gemein, daß sie sich in außerordentlich vielen Verhältnissen mit dem Ammoniumoxyde verbindet, und daß die erhaltenen Verbindungen, namentlich in ihren Auflösungen in Wasser leicht zersetzt werden können. Es ist daher schwer zu bestimmen, welche Verbindung der Borsäure mit Ammoniak Berzelius bei seinen Untersuchungen angewandt hat.

Zur Fällung des Chlorcalciums wurde deshalb nicht ein krystallisirtes borsaures Ammoniak angewandt, sondern kalte Auflösungen gleicher Atomgewichte von Borsäurehydrat und von Chlorcalcium, jedes in 50 Theilen Wasser gelöst, mit einander gemengt, wodurch kein Niederschlag entstand, und darauf so viel Ammoniakflüssigkeit hinzugefügt, daß nach dem Vermischen die Flüssigkeit einen schwachen ammoniakalischen Geruch zeigte. In den ersten Augenblicken entstand dadurch noch kein Niederschlag, sondern erst nach einiger Zeit; derselbe vermehrte sich durch längeres Stehen, war aber im Verhältniß zu den angewandten Mengen nur gering. Nach 24 Stunden wurde er abfiltrirt, aber nicht ausgewaschen, sondern zwischen Fließpapier gepreßt.

Nach dem Trocknen bei 100° enthielt er keine Kohlensäure, und hatte dann folgende Zusammensetzung

		Sauerstoff.	Atome.	Berechnete Zusammensetzung.
Kalkerde	29,88	8,50	3	29,41
Borsäure	47,33	32,55	4	48,64
Wasser	21,93	19,01	7	21,95
Chlorcalcium	1,40			100,00
	100,00.			

Die Zusammensetzung der Verbindung ist also folgende

$2(\text{Ca} + 2\ddot{\text{B}} + 3\text{H}) + \text{CaH}$. Die zweifach-borsaure Kalkerde kommt, wie auch aus den früher beschriebenen Untersuchungen sich ergibt, in allen Verbindungen bei 100° mit 3 Atomen Wasser verbunden vor.

Eine sehr geringe Menge von Ammoniak kann die sauren Eigenschaften einer grossen Menge von Borsäure so abstumpfen, daß durch die gesättigte Flüssigkeit das Lackmuspapier stark gebläut wird. Eine grössere Menge von Ammoniak gehört dazu, wenn die Flüssigkeit ammoniakalisch riechen soll. Durch ein solches borsaures Ammoniak ist aber die untersuchte Verbindung erzeugt worden.

Das neutrale borsaure Ammoniak ist in fester Form noch nicht dargestellt worden. Zur Fällung borsaurer Salze, in welchen nach Berzelius die Säure in einem grösseren Verhältniß enthalten ist, als in dem zur Fällung angewandten borsauren Alkali, mag derselbe ein sehr saures Ammoniak angewandt haben, das mehr Säure enthielt als er vermuthete. Denn schon bei der Auflösung mancher Verbindungen von Borsäure und Ammoniak in heissem Wasser verlieren dieselben Ammonik, und geben ein saures Salz.

Durch Kochen von Kalkmilch mit Borsäure erhielt Laurent eine vierfach-borsaure Kalkerde als ein weisses Pulver.

(Fortsetzung folgt.)

V. *Ueber einige Höhenbestimmungen in den westlichen Alpen; von Adolph Schlagintweit und Hermann Schlagintweit.*

Wir bedienten uns bei diesen Beobachtungen eines Heberbarometers von A. Greiner in München; es ist dies dasselbe Instrument, welches wir schon früher bei unsern Beobachtungen in den östlichen Alpen benutzt hatten. Der Durchmesser der Quecksilberröhre ist 5,5 Mill.; die Scala in Millimetern ist auf einem Glascylinder angebracht, welcher über der Barometerröhre verschoben wird. Die Theilstiche bilden fast ganze Kreise; wenn man das Auge beim Ablesen so stellt, daß der vordere und hintere Theil des betreffenden Kreises sich decken, so kann man dadurch die Parallaxe sehr gut vermeiden. Wir bemerkten während der ganzen Dauer der Reise niemals die Spur einer Luftblase in dem umgestürzten Barometer; auch maßen wir von Zeit zu Zeit die Höhe des Meniscus im längeren Schenkel; sie zeigte sich stets $= 0,7$ Mllm.; wenn Luft eingetreten wäre, hätte sich die Höhe vermindern müssen. Die Correction unseres Instrumentes wurde durch die directe Vergleichung desselben mit dem Normalbarometer von Fortin auf der Pariser Sternwarte bestimmt. Wir fanden sie für unser Barometer Greiner $= + 0,21$ Mllm.

Die Correctionen für die Instrumente an den correspondirenden Beobachtungsstationen sind in der folgenden Tabelle enthalten; bei jenen, welche aus der directen Vergleichung mit unserem Barometer abgeleitet sind, ist der Tag der Vergleichung hinzugefügt. Es sey uns erlaubt hier zugleich unsern verbindlichsten Dank jenen Herren auszusprechen, denen wir die Mittheilung der Beobachtungen an den folgenden Stationen verdanken.

1851

Zürich	442,3 Met. Horner's Barometer von Oeri auf der Cantonalschule.	26. Juli corr. — 0,13	— 0,14 nach Bravais 1842. Mitgetheilt von Hrn. Hofmeister.
Bern	570,8 M. Barometer von Loder bei Hrn. Wolf.	4. Aug. corr. + 0,70	
Genf	407,0 M. Barometer der Sternwarte.	corr. + 0,54	} Mitgetheilt von Hrn. Plantamour.
St. Bernhard	2473,0 M. Barometer des Hospizes.	corr. — 0,35	
Aosta	614,0 M. Barometer des Hrn. Carrel.	corr. — 0,	
Mailand	147,1 M. Barometer der Sternwarte.	corr. + 0,557	Bestimmt 1847; mitgetheilt von Hrn. Carlini.
Turin	273,0 M. Barometer von Fortin, auf der alten Sternwarte im Academiegebäude; Beobachtungen von Hrn. Cantù.	11. Oct. corr. + 0,24	+ 0,224 nach Hrn. Laugier, Paris 1848, Juni 22; nach einer handschriftlichen Notiz.

Wir benutzten zu einigen unserer Bestimmungen auch ein Thermo-Barometer. Der Kochapparat war so eingerichtet, daß keine Erkältung des Dampfraumes oder des Quecksilberfadens über der Thermometerkugel zu befürchten war. Das Thermometer war ein Instrument von Fastré, No. 169, welches wir der gütigen Mittheilung von Hrn. Prof. Dove verdankten; es hatte eine willkürliche Scala, deren Nullpunkt 163,6 der Scala entsprach ¹⁾.

Wir hatten Gelegenheit uns durch Vergleichen in sehr verschiedenen Höhen zu überzeugen, daß der Luftdruck, welcher nach Regnault's Tabellen aus den Angaben unsers Thermometers abgeleitet wurde, sehr gut mit den directen Beobachtungen am Barometer übereinstimmte. Wir bedienten uns des Thermo-Barometers im allgemeinen nur dann, wenn wir Beide verschiedene Wege einschlugen. In den folgenden Tabellen sind jene Punkte deren Höhe aus dem Siedepunkte des Wassers abgeleitet wurde, durch ein Sternchen (*) unterschieden.

Die Höhen wurden nach der Formel von Gaufs berechnet. An diesen Resultaten brachten wir nach den Untersuchungen von Bessel (Astronomische Nachrichten Nr. 356, S. 329. 1838) noch eine Correction für die Feuchtigkeit der Luft an. Einige besonders interessante Punkte sind durch wiederholte Beobachtungen bestimmt; sie wurden dann nach 6 correspondirenden Stationen berechnet, welche diese Punkte rings umgaben. Die Uebereinstimmung dieser Resultate mit einigen sehr genauen trigonometrischen Bestimmungen erlaubt uns wohl zu hoffen, daß auf diese Weise die unregelmäßigere Vertheilung des Luftdrucks in horizontaler Richtung auf die Genauigkeit der Resultate nur einen sehr geringen Einfluß hat. — Diese mittleren Resultate leiteten uns auch in der Wahl der cor-

1) Der Nullpunkt der Thermometer erleidet, wie wir mehreremale bemerkten, bei geringem Luftdruck eine kleine Veränderung; er wird in Folge der Ausdehnung der Glaskugel etwas niedriger; es wurde dieses für größere Höhen bei der Bestimmung des Siedepunktes des Wassers berücksichtigt.

respondirenden Stationen für alle jene Fälle, in welchen die Höhen, um die Berechnungen zu vereinfachen, nur von einer oder zwei correspondirenden Stationen abgeleitet wurden ¹⁾).

Um den Aufhängepunkt des Barometers mit einem in topographischer Beziehung charakteristischen Punkte, z. B. mit einem Flusse, einer Brücke u. s. w. in directe Verbindung zu bringen, ist bisweilen eine *Localcorrection* angebracht; wenn die Höhendifferenz etwas mehr als einige Meter betrug, wurde dieselbe durch einen kleinen Verticalkreis oder direct mit der Meßschnur bestimmt; die Größe dieser Correctionen ist in den Tabellen angegeben und sie sind dann an den Resultaten, nämlich an der absoluten Höhe, bereits angebracht.

In der folgenden Tabelle suchten wir aus unsern Höhenbestimmungen einige Punkte zu vereinigen, welche durch ihre Höhe oder ihre Lage ein allgemeineres Interesse verdienen dürften.

- 1) Für jene Punkte, deren Höhe nach mehreren Beobachtungen berechnet wurde, konnten hier nur die mittleren Resultate mitgeteilt werden.

Baromet.	Thermometer.	Correspondirende Station.		Mittl. Feuchtigkeit.	Local correction.		Absolute Höhe.		Resultate früherer Beobachtungen.
		Barometer.	Therm.		Meter.	Par. Fuß.	Meter.	Par. Fuß.	
9. Aug. 1 ^h 45 p. m. Gipfel des Ewigschneehorns; neben dem Gaulpasse.									
509,8	5,4	Bern 713,4 Genf 726,1	21,0 19,2	89 89	— —	— —	3413,5 3387,5	10508,1 10428,2	
							3400,5	10468,2	
10. Aug. 6 ^h 15 p. m. und 11. Aug. 6 ^h 30 a. m. Pavillon; am linken Ufer des Unteraargletschers.									
573,1	6,3	Bern 715,4	19,0	85	—	—	2441,1	7515,0	
574,0	6,2	Bern 716,5	16,0	80	—	—	2428,3	7475,4	
							2434,7	7495,2	
13. Aug. 4 ^h 10 p. m. Oberaarsattel; zwischen dem Oberaarnhorn und dem Kastenhorn.									
521,6	8,7	Bern 715,9 Genf 729,3	21,0 25,3	85 85	— —	— —	3267,0 3277,2	10057,4 10088,9	10023 Hugi 1828 Tabelle 2.
							3272,1	10073,2	
						Mittel	3264	10048	
14. Aug. 4 ^h 35 a. m. Rothsaattel; Kleine Einsattelung in dem Kamme, welcher das Finsteraarhorn mit dem Rothhorn verbindet, und die beiden Hauptflüsse des Vieschergletschers trennt. Wir brachten hier die Nacht vom 13. zum 14. Aug. zu.									
514,1	1,5	Bern 717,2 Genf 727,8	15,0 22,8	98 98	— —	— —	3329,6 3331,1	10250,2 10254,7	
							3330,4	10252,5	
14. Aug. 7 ^h a. m. Letzte phanerogamische Pflanzen auf den südwestlichen Abhängen des Finsteraarhorns.									
515,1	2,8	Bern 717,5	19,1	99	—	—	3350,2	10313,2	

14. Aug. 5^h p. m. Unteres Ende des Viescher Gletschers.

651,2		16,2		Bern	715,6		20,5		98		—	50,0		1368,9		4214,0		1349,4		4154 Hugi.	
										Mittel	1359										
											4184.										

Gruppe des Monte-Rosa.

17. Aug. 3 ^h 40 p. m. Niveau der Rhone bei Vispach; an dem Ausgange des Visperthales.																					
706,5		24,7		Bern	715,5		23,0		53		—	—		691,5		2098,1		651		2004 Saasure	
		Genf			727,4		26,6		53		—	—		663,6		2042,9		680		2093 Martins.	
										Mittel	668										
											2070,5										
											2056										

19 bis 27. Aug. Zermatt; Dorf im Visperthale auf der Nordseite des Monte-Rosa. Höhe des Kirchenpfalters.
(Mittel aus 6 Beobachtungen nach 6 Stationen berechnet.) 1652 | 5086 |

28. Aug. 6^h 25 p. m. und 29. Aug. 8^h 15 a. m. Macugnaga; am östlichen Fusse des Monte-Rosa. Bei der kleinen Brücke über den Bach beim Wirthshause. Die Ausa ist noch etwas tiefer und vom Dorfe entfernt.

646,6		14,5		Turin	731,4		22,0		85		—	6,5		—	20,0		1330,1		4094,9		1312		4039 Martins
642,1		14,0		Turin	723,9		21,0		91		—	6,5		—	20,0		1298,6		3997,8		1331,5		4099 Forbes.
										Mittel	1314,4												
											4046,4												
											4061												

30. Aug. 12^h 15 p. m. Alagna im Sesiathale; Niveau des Baches.

653,2		17,1		Turin	729,5		21,0		64		—	22,7		—	70,0		1205,3		3710,4	
-------	--	------	--	-------	-------	--	------	--	----	--	---	------	--	---	------	--	--------	--	--------	--

Gressoney St. Jean im Lysthale, südwestlich vom Monte-Rosa. Platz vor der Kirche.

(Mittel aus 4 Beobachtungen nach 5 Stationen berechnet.) 1370 | 4218 |

17. Sept. 6^h 40 p. m. Gressoney la Trinité. Niveau der Lys bei der Brücke.

625,5		5,5		Turin	739,0		20,0		64		—	—		—	—		1622,2		4993,7	
-------	--	-----	--	-------	-------	--	------	--	----	--	---	---	--	---	---	--	--------	--	--------	--

(Mittel aus den 14tägigen 2 stündigen Beobachtungen von
6 Uhr Morgens bis 10 Uhr Abends, berechnet nach fol-
genden 5 Stationen)

Genf	3159,4	9726,0	3276,3	10086	Zumstein.
St. Bernhard	3141,0	9669,4			
Aosta	3177,8	9782,6			
Mailand	3161,5	9732,5			
Turin	3170,7	9761,0			
Mittel	3162	9734			

29. Aug. 4^h p. m. Pafs Turlo zwischen dem Val Sesia und der Val Anasca.

538,05	1,6	St. Bernh.	557,6	—	2,8	—	—	—	—	2756,4	8485,5	2786,2	8577	Forbes.
		Turin	724,8	20,0	80					2766,5	8516,3			
										2761,5	8500,9			
										Mittel aus a. b. c.	2770	8526		

31. Aug. 1^h 50 p. m. Col d'Ollen, Pafs zwischen dem Gressoneythale und dem Sesithale.

538,6	3,4	St. Bernh.	567,2	—	0,5	—	—	—	—	2889,0	8893,6	(2802	8628	Berger)
		Turin	736,9	24,0	82					2930,0	9020,0	2844	8755	Parrot
										2909,5	8956,8	2974	9156	Forbes.
										Mittel aus a. b. c.	2909	8956		

27. Aug. bis 29. Aug. Matterjoch oder Col du St. Théodule, Platz bei der kleinen Hütte und den Befestigungen.
(Resultat aus 3 Beobachtungen mit dem Thermo-Barometer, berechnet
nach 6 Stationen.)

3365	10359	Das Mittel ist abgeleitet aus den Be- obachtungen von Forbes, Mar- tins, Saussure, Studer und von uns.
Mittel	3353	10322

Baromet.	Thermometer.	Correspondirende Station.		Mittl. Feuchtigkeit.	Local correction.		Absolute Höhe.		Resultate früherer Beobachtungen.
		Barometer.	Therm.		Meter.	Par. Fuß.	Meter.	Par. Fuß.	
27. Aug. 11h a. m. Weifsthor, Pafs von Zermatt nach Macugnaga über die Hauptkette der Monte-Rosa-Gruppe. Es ist dieses der höchste Pafs in den Alpen. Man findet dort noch mehrere Arten phanerogamischer Pflanzen, deren Aufzählung später mitgetheilt werden wird.									
500,75	7,6	Bern	719,7	19,0	—	—	3634,3	11187,3	Der Col du Géant in der Gruppe Mont-Blanc ist im Mittel der Beobachtungen von Saussure und Forbes 3413 M. 10506'.
		Genf	732,6	20,0	—	—	3627,9	11168,2	
		St. Bernh.	572,1	10,1	—	—	3577,4	11013,3	
		Aosta	712,7	23,8	—	—	3622,2	11150,6	
		Mailand	754,1	22,5	—	—	3630,2	11175,0	
		Turin	741,4	23,4	—	—	3617,2	11135,4	
						Mittel	3618	11138	

21. Aug. 6^h p. m. Nachtlager in den Gadmen, vom 21. zum 22. August bei unserer Besteigung des Monte-Rosa. Ein durch Felsen etwas geschützter Platz auf der rechten Seite des Gornergletschers.

553,84 | 8,3 | Bern 716,7 | 20,0 | 61 | — | — | 2752,9 | 8474,6 |

22. Aug. 5^h p. m. Letzte Phanerogamen, auf einer Firninsel an den westlichen Abhängen des Monte-Rosa.

491,0 | 1,2 | Bern 715,9 | 19,8 | 75 | — | — | 3723,2 | 11461,8 |

12. Sept. 3^h 30 p. m. Aufserste Phanerogamen, auf einigen Felsen unterhalb der Vincentpyramide. Südabhang des Monte-Rosa.

485,9 | 3,1 | Turin 739,2 | 23,8 | 73 | — | — | 3823,5 | 11770,4 | Diese kleinen Pflanzen sind die höchsten, welche bis jetzt in den Alpen gefunden wurden.

22. Aug. Höchster Gipfel des Monte-Rosa.

(Mittel aus unseren 2 barometrischen, und aus den früheren trigonometrischen Bestimmungen.)

Das Detail davon werden wir in einer später folgenden Abhandlung zusammenstellen.

4640

14284

Puncte in den Umgebungen des Mont-Blanc.

23. Sept. 9^h 30 a. m. Combalsee, in der Allée blanche.

604,3	2,3	Genf	728,1	11,5	100	—	—	1942,9	5981,2	1921	5913 Forbes.
										Mittel	1932 5947

23. Sept. 11^h 45 a. m. Obere Alpenhütten der Allée blanche.

580,3	2,8	Genf	727,7	14,8	100	—	—	2286,2	7037,9		
-------	-----	------	-------	------	-----	---	---	--------	--------	--	--

23. Sept. 2^h 10 p. m. Col de la Seigne, bei der kleinen Steinpyramide.

561,9	2,0	Genf	727,9	10,8	96	—	—	2535,5	7805,4	Das Mittel ist abgeleitet aus den Beobachtungen von Escher, Sausurre, Forbes und den unserigen.	
		Turin	737,5	15,4	92	—	—	2530,6	7790,2		
								2533,1	7797,8		
								Mittel	2529	7786	

23. Sept. 8^h 45 p. m. und 24. Sept. 7^h 30 a. m. Alpenhütten von Chapiau, am Fusse des Col du Bonhomme.

633,6	2,3	Genf	728,4	9,8	97	—	—	1551,7	4776,8	1573	4842 Saus. §. 2226.
632,9	4,0	Genf	727,7	10,5	96	—	—	1558,3	4797,1	1611	4958 Berger).
								1555	4787		
								Mittel aus a. b. c.	1561	4805	

24. Sept. 11^h 10 a. m. Col du Bonhomme bei dem Kreuze.

563,8	5,1	Genf	727,3	12,0	90	—	—	2518,7	7753,6	Das Mittel ist abgeleitet aus Forbes, Pictet, Sausurre, Stüder und unseren Beobachtungen.	
		Turin	736,6	18,2	90	—	—	2517,3	7749,5		
								2518,0	7751,6		
								Mittel	2488	7660	

Baromet.	Thermomet.	Correspondirende Station.	Mittl. Feuchtigkeit.	Localcorrection.	Absolute Höhe.	Resultate früherer Beobachtungen.
	Barometer.	Therm.		Meter.	Par. Fuß.	
26. Sept. 4 ^h 30 p. m. Montanvert am Glacier des Bois. Höhe des Pavillon.						
603,1	5,2	Genf	722,4 11,9 86	—	1903,8 5860,7	Das Mittel ist abgeleitet aus den Beobachtungen von Forbet, aus denen von De Candolle gegebenen Zahlen u. aus uns. Beob.
				Mittel	1905,5 5866	
25. Sept. 12 ^h 45. Unteres Ende des Bionnassaigletschers. An der untersten Endmoräne gemessen. 1851 war er etwas kürzer und sein Ende um 30 bis 40 Meter höher.						
641,2	9,0	Genf	724,9 16,4 98	—	1442,3 4440,0	
1. Oct. 8 ^h 15 a. m. Val de Tignes letztes Dorf in dem Isèrethale.						
607,5	6,4	Turin	735,0 10,5 88	—	1852,7 5703,4	
1. Oct. 10 ^h a. m. Pafs des Mont-Iséran bei der Kapelle.						
541,8	4,1	Turin	734,7 11,0 97	—	2789,9 8588,4	
1. Oct. 2 ^h 30 p. m. Bonneval, Dorf im Arc-Thale; bei der Kirche.						
611,3	8,3	Turin	734,7 12,2 92	—	1809,1 5569,3	1805 5557 Billiet.
				Mittel	1807 5563	
15. Oct. 11 ^h 45 a. m. Col du Lautaret zwischen dem Thale der Romanche und jenem der Guisanne; in den französischen Alpen, nördlich von Briançon. (Mit dem Thermo-Barometer bestimmt.)						
597,0	10,0	Turin	736,8 19,0 80	—	2061,2 6345,3	^a 2070 6372 Bravais Géo. phys.
				Mittel aus <i>a</i> und <i>b</i>	2066 6359	(2093 6444 Hér. de Thury.)

VI. Ueber das Cocinon; von W. Delffs.

Unter den homologen Reihen der organischen Chemie nimmt noch immer die Reihe der *Fettsäuren* in sofern den ersten Rang ein, als keine andere so zahlreiche Glieder aufzuweisen hat. Aus diesem Grunde läßt sich auch die Bedeutung des Gesetzes, daß homologe Verbindungen sich in der Zusammensetzung um nC^2H^2 von einander unterscheiden, an der genannten Familie und ihren Abkömmlingen am deutlichsten erkennen. Gleichwohl würde man an der Richtigkeit des Principis, daß die Eigenschaften der Glieder einer Reihe von ihrer Stellung in derselben abhängig sind, sehr bald irre werden, wenn man alle Beobachtungen über solche Glieder einer Reihe, welche sich in den Jahrbüchern der Wissenschaft zerstreut finden, für exact hinnehmen wollte. Zahlreiche Beispiele rechtfertigen diese Behauptung. Um einen bestimmten Fall hervorzuheben, diene die nachfolgende Tabelle, in welcher die beobachteten Siedepunkte der *Acetone* ($=C^2H^4O^2$) mit den theoretisch wahrscheinlichen zusammengestellt sind.

Name.	Formel.	Siedepunkt.		Beobachter.
		Berechn.	Beob.	
Aceton	$C^6H^6O^2$	56°	56°	Kopp
Propion	$C^{10}H^{10}O^2$	100	100	Morley
Butyron	$C^{14}H^{14}O^2$	144	144	Chancel
Valeron	$C^{18}H^{18}O^2$	188	100—x	Löwig
Capron	$C^{22}H^{22}O^2$	232	165	Brazier u. Gosleth
Aboleon	$C^{26}H^{26}O^2$	276	?	
Caprylon	$C^{30}H^{30}O^2$	320	178	Guckelberger

(S. Kopp: Pogg. Ann. LXXII. 236. — Morley: Ann. der Chem. u. Pharm. LXXVIII. 187. — Chancel: ebendas. LII. 295. — Löwig: Pogg. Ann. XLII. 412. Löwig giebt an, daß das Valeron im Wasserbade weit über dem Siedepunkte des Wassers siede. — Brazier und Gosleth: Ann. der Chem. u. Pharm. LXXV. 256. — Guckelberger: ebendas. LXIX. 150.)

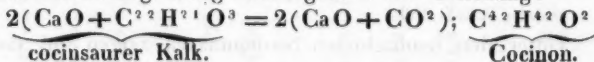
Unter den beobachteten Siedepunkten zeigen uns die drei ersten eine regelmäßige Progression, deren constante

Differenz = 44° ist. Unter der Voraussetzung, daß diese Differenz sich auch auf die Siedepunkte der übrigen Glieder erstrecken müsse, ist die Berechnung gemacht worden. Die Abweichung zwischen Theorie und Beobachtung ist in den drei letzten Fällen so groß, daß entweder die eine auf einer falschen Basis beruhen, oder die andere auf eine fehlerhafte Weise ausgeführt seyn muß.

Aehnliche Widersprüche finden sich in. Betreff der Schmelzpunkte der höher liegenden Glieder dieser Reihe. Während nämlich nach Bussy das Stearon bei 86° und das Margaron bei 77° schmilzt, beschreibt St. Evre ¹⁾ das Cocinon als einen bei der gewöhnlichen Temperatur *flüssigen* Körper. Bei den beiden ersteren würde demnach der Schmelzpunkt höher liegen, als bei den beiden entsprechenden Säuren; beim Cocinon wäre das Entgegengesetzte der Fall; denn die Stearinsäure schmilzt bei 70° , die Margarinsäure bei 60° und die Cocinsäure bei 35° .

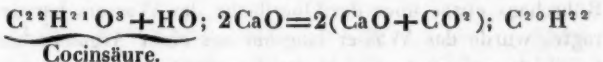
In den mitgetheilten Bemerkungen liegt eine hinreichende Aufforderung zu einem neuen Studium derjenigen Acetone, bei welchen Theorie und Erfahrung mit einander im Widerspruche stehen. Ich theile hier zunächst das Resultat meiner Versuche im Betreff des Cocinons mit; überdies habe ich einen meiner Zuhörer, Hr. Dr. Overbeck veranlaßt, zwei neue Glieder dieser Reihe, das Myriston und Laurostearon, darzustellen und zu analysiren.

Was zuerst die Darstellung dieser Verbindung betrifft, so findet man gewöhnlich in den Lehrbüchern die Angabe, daß die Fettsäuren mit einem Ueberschuß von Kalk oder Baryt gemengt, und alsdann der trocknen Destillation unterworfen werden sollen. Ich halte es für zweckmäßiger, diese Operation mit den neutralen Kalk- oder Barytsalzen, welche man durch Fällung der Kali- und Natronseifen mit Chlorcalcium oder Chlorbaryum erhält, auszuführen. Die Zersetzung erfolgt dann gemäß der Gleichung:



1) *Ann. de chim. et de phys.* III. Ser. XX. 99.

Verfährt man dagegen nach der gewöhnlichen Vorschrift so läuft man Gefahr daß sich dem Aceton der Fettsäuren der entsprechende Kohlenwasserstoff beimengt, denn



Aus einer solchen Beimengung von Kohlenwasserstoffen würden sich dann auch die oben hervorgehobenen Abweichungen in den Siede- und Schmelzpunkten erklären lassen, wenn es auf der anderen Seite begreiflich wäre, wie unter dieser Voraussetzung die Analysen mit den berechneten Formeln übereinstimmen könnten.

Da sich indessen auch bei Anwendung der neutralen Kalksalze immer secundäre Producte bilden, welche sich den Acetonen beimengen, und nur durch sehr häufiges Umkrystallisiren aus siedendem absolutem Alkohol entfernt werden können, so verlohnt es sich nicht der Mühe, auf die Reindarstellung der Fettsäuren, welche zur Darstellung der Acetone dienen sollen, viele Sorgfalt zu verwenden, sondern es genügt vollkommen, die verseiften Fette mit Chlorcalcium zu fällen, den Niederschlag auszuwaschen, und anhaltend im Wasserbade zu trocknen.

Das Umkrystallisiren des bei der Destillation des Kalksalzes erhaltenen Rohproducts ist bei weitem der beschwerlichste Theil der Operation. Man muß zu diesem Zweck fast absoluten Alkohol anwenden, weil die Acetone um so weniger in Weingeist löslich sind, je höher ihr Mischungs-gewicht ist. Das Cocinon mußte 6 bis 7 mal umkrystallisirt werden, bis es vollkommen farblos erschien, und einen constanten Schmelzpunkt zeigte.

Die Bestimmung der Schmelzpunkte geschah auf folgende Weise. Das geschmolzene Cocinon wurde in ein dünnes, an beiden Seiten offenes und an der einen etwas ausgezogenes Glasröhrchen (von ungefähr anderthalb Zoll Länge und einer Linie äußerem Durchmesser) so weit aufgesogen, daß ungefähr zwei Drittel des letzteren von dem erstarrten Cocinon angefüllt wurden. Nachdem das Röhrchen alsdann

neben einem Thermometer mit cylindrischem Gefäß von einem Zoll Länge in einem Becherglase mit Wasser solchergestalt aufgehängt war, daß der obere lineare Theil des Röhrchens etwas über der Oberfläche des Wassers hervorragte, wurde das Wasser langsam mit einer Argand'schen Spirituslampe erwärmt, und die Temperatur in dem Augenblicke beobachtet, in welchem das geschmolzene, specifisch leichtere Cocinon, durch den Druck des Wassers gehoben, in die Höhe stieg. Dasselbe Röhrchen diente ebenfalls zur Bestimmung der Schmelzpunkte des Laurostearons und Myristons. Auf diese Weise, bei welcher alles Schwankende in der Bestimmung der Schmelzpunkte wegfällt, wurde gefunden, daß das

Cocinon $= C^{42} H^{42} O^2$ bei 58°

Laurostearon $= C^{46} H^{46} O^2$ „ 66

Myriston $= C^{50} H^{50} O^2$ „ 75

schmilzt. Man sieht, daß diese Schmelzpunkte eine regelmäßige Zunahme um 8 bis 9° zeigen. Erstreckt sich diese Zunahme, wie vorauszusetzen ist, auch auf die folgenden Glieder der Reihe, so müßte der Schmelzpunkt des Stearons $= C^{66} H^{66} O^2$ bei ungefähr 109° liegen, während Bussy 86° und Redtenbacher 82° als Schmelzpunkt dieses Körpers angiebt. Bussy's Angabe würde nahezu mit der Theorie übereinstimmen, wenn dieselbe sich auf Réaumur's Scale bezöge, denn $86^\circ R. = 107^\circ,5 C.$ Ich hoffe, daß dieser Zweifel bald beseitigt seyn wird, denn mein Assistent, Hr. Dr. Flückiger, ist in diesem Augenblicke mit der Darstellung des Stearons beschäftigt, und wird das Resultat seiner Versuche demnächst mittheilen.

Die mit chromsaurem Bleioxyd ausgeführte Analyse des Cocinons gab folgende Resultate:

I. 0,314 Substanz gaben 0,389 Wasser. Die Bestimmung der Kohlensäure mißglückte.

II. 0,314 Substanz gaben 0,392 Wasser und 0,936 Kohlensäure. Das zu beiden Analysen dienende Cocinon war anhaltend im Wasserbade getrocknet.

Aus den angeführten Daten berechnet sich die Formel $C^{42}H^{42}O^2$, dann

			Gefunden.	
			I.	II.
42 Aeq. Kohlenstoff	252	Berechnet. 81,29	—	81,29
42 " Wasserstoff	42	13,55	13,76	13,86
2 " Sauerstoff	16	5,16	—	—
			310.	100.

Das Cocinon krystallisirt aus der Lösung in heißem absolutem Alkohol in leichten, blendend weißen Schuppen. Nach dem Erkalten erstarrt es zu einer krystallinischen, wallrathähnlichen Masse. Es besitzt weder Geruch* noch Geschmack, und löst sich leichter in Aether, als in absolutem Alkohol. Der Siedepunkt liegt bei einer Temperatur, welche nicht mehr mit dem Quecksilberthermometer zu bestimmen ist.

Heidelberg im August 1852.

VII. *Ueber das Myriston und Laurostearon;* *von Dr. Albrecht Overbeck.*

Unter Bezugnahme auf die Abhandlung des Hrn. Prof. Delffs über das Cocinon, welche bereits die gefundenen Schmelzpunkte des Myristons und Laurostearons, so wie das Nähere über die Art und Weise ihrer Bestimmung enthält, kann ich mich hier auf die Mittheilung der Reindarstellung obiger beider Ketone und ihrer Analysen beschränken.

1. Myriston.

Um zunächst ein möglichst reines Myristin für die Verseifung zu gewinnen, wurde die käufliche Muskatbutter in Aether gelöst, woraus das Myristin, freilich noch sehr un-

rein, auskrystallisirt. Unter jedesmaliger Beseitigung der Mutterlauge wurde derselbe Proceß mehrmals wiederholt; alsdann zur weiteren Reinigung, namentlich zur Entfernung des noch anhängenden ätherischen Oeles, das Myristin längere Zeit im Wasserbade im Schmelzen erhalten. Zur letzten Reinigung fand sich ein Gemisch aus gleichen Theilen Aether und Weingeist von 96 Proc. am geeignetsten. Das so gereinigte Myristin wurde mit Natron verseift, und die heiße Lösung der Seife mit einer ebenfalls heißen Chlorcalciumlösung gefällt, der myristinsäure Kalk im Wasserbade getrocknet und dann in kleinen Portionen der Destillation unterworfen. Bei einer größeren Menge war die Operation nicht so gut zu leiten und die Ausbeute verhältnißmäßig geringer. Es ist ferner wesentlich, die Retorte gleichmäßig einer allmählig steigenden Erwärmung auszusetzen; alsdann geht das Myriston in farblosen, im Halse der Vorlage erstarrenden Tropfen über. Beim Eintreten der secundären Destillationsproducte, respective beim Erscheinen von braunen Tropfen, unterbricht man am besten die Destillation, weil die Beimengung derselben die Reinigung außerordentlich erschwert.

Nach mehrmaligem Umkrystallisiren aus absolutem Alkohol, unter Anwendung von Thierkohle, erhält man das Myriston in blendendweißen, perlmutterglänzenden, geruch- und geschmacklosen Schuppen. Das geschmolzene erstarrt zu einer strahlig krystallinischen Masse. Beim Zerreiben wird es sehr stark elektrisch. Aus Aether krystallisirt es unter auffallend starker Molecularbewegung.

Für die Analyse wurde das Myriston zuvor zur Entfernung aller Feuchtigkeit, längere Zeit im Wasserbade im Schmelzen erhalten.

Die Verbrennung geschah mittelst chromsauren Bleioxyd.

I. 0,300 Substanz gaben 0,380 HO und 0,900 CO².

II. 0,203 Substanz gaben 0,255 HO und 0,609 CO².

	Berechnet.	Gefunden.	
		I.	II.
C ²⁵	81,96	81,81	81,81
H ²⁵	13,65	14,07	13,95
O	4,39	4,12	4,24
	<u>100,00.</u>	<u>100,00.</u>	<u>100,00.</u>

2. Laurostearon.

Die Bereitung und Reinigung desselben geschah in ganz ähnlicher Weise wie die des Myristons.

Das reine Laurostearon krystallisirt, wie das Myriston, aus absolutem Alkohol in blendend weissen Schuppen, jedoch nicht von so starkem Perlmutterglanz. Es erstarrt nach dem Schmelzen ebenfalls zu einer strahlig krystallinischen Masse, und wird beim Zerreiben gleichfalls sehr stark elektrisch.

Die Verbrennung der anhaltend im Wasserbade getrockneten Substanz geschah ebenfalls mit chromsaurem Bleioxyd.

I. 0,205 Substanz gaben 0,255 HO und 0,612 CO².

II. 0,282 Substanz gaben 0,358 HO und 0,838 CO².

	Berechnet.	Gefunden.	
		I.	II.
C ²³	81,65	81,42	81,04
H ²³	13,61	13,82	14,10
O	4,74	4,76	4,86
	<u>100,00.</u>	<u>100,00.</u>	<u>100,00.</u>

Das Ergebniss der Analysen, die durch sie gefundene Uebereinstimmung mit der theoretisch berechneten Zusammensetzung, gewinnt als ein, wenn auch nur kleiner Beitrag zur Vervollständigung der Homologen der Fettsäurenreihe und ihrer Derivate, gerade dadurch besonderes Interesse, weil sich in ihnen ein allgemeines Gesetz bekundet, und in dieser Gesetzmäßigkeit zugleich die Aufforderung an alle Chemiker liegt, sich der Reihen-Entwicklung der

organischen Chemie mit allem Eifer zu bemeistern; und es scheint nicht zu gewagt, anzunehmen, daß unter den theoretischen Gesichtspunkten für die Betrachtung der organischen Körper die Theorie der Homologen, vielleicht in kurzer Zeit schon den ersten Rang behaupten werde.

Heidelberg d. 3. Aug. 1852.

VIII. Ueber das neutrale molybdänsaure Ammoniak; von F. A. Flückiger.

Bei der Darstellung des gewöhnlichen molybdänsauren Ammoniaks nach der von Hrn. Prof. Dellfs angegebenen Methode (diese Annalen 85, 450) erhielt ich öfters beim Eindampfen nach dem HerauskrySTALLISIREN dieses Salzes, während die Mutterlauge fortwährend nach Ammoniak roch, einen schlammig-krySTALLINISCHEN Absatz, der sich bei stärkerem Erwärmen und Zusatz von Wasser nicht wieder auflösen wollte. Nach Svanberg und Struve ¹⁾ soll dieses das saure Salz seyn. Daß dem aber nicht so ist, geht aus den Analysen des Hrn. Prof. Dellfs ²⁾ hervor, welchen zufolge das wahre, nach dem gewöhnlichen Typus der sauren Salze zusammengesetzte molybdänsaure Ammoniak ($\text{AmO} + 2\text{MO}^3 + \text{HO}$) kein anderes ist, als dasjenige für welches Svanberg und Struve die absonderliche Formel $\text{NH}^4\text{O} + 2\text{MO}^3 + \text{NH}^4\text{O} + 3\text{MO}^3 + 3\text{HO}$ aufgestellt hatten. Ich vermuthete deshalb, daß der fragliche Absatz neutrales Salz seyn möchte. Da er augenscheinlich nicht homogen war, so wünschte ich, ihn, wo möglich, in besserer Form zu erhalten und erwärmte zu dem Ende die Flüssigkeit mit dem darin entstandenen Absatze, welchen ich dann durch Zusatz eines ganz enormen Ueberschusses

1) Journal f. pract. Chem. Bd. 44.

2) Diese Annalen Bd. 85.

von concentrirtem kaustischem Ammoniak vollständig auflöste. Nach einigen Stunden krystallisirten dann mehr als zolllange durchsichtige Spieße heraus, welche einzeln die Flüssigkeit nach allen Richtungen durchkreuzten. Nimmt man dieselben heraus, dampft die Mutterlauge ein, bis sich wieder jene schlammige Masse absetzt, und löst diese durch neuen Zusatz von sehr concentrirtem Ammoniak, so erhält man eine neue Krystallisation. Dieser Versuch konnte mehrmals successive mit demselben Erfolge wiederholt werden. Manchmal erhält man kurze regelmäßiger gestaltete Prismen von nicht genau bestimmbarer Form. Noch weniger gelingt es, sich über die Krystallform der langen Spieße zu orientiren, da sie sehr dünn lamellenartig und dabei ganz außerordentlich zerbrechlich sind, so daß sie bei nur etwas unvorsichtiger Berührung sogleich zerbersten.

Das so erhaltene Salz wird an der Luft fast augenblicklich undurchsichtig, indem es, unter Beibehaltung der Form, Ammoniak verliert. Beeilt man sich aber, die Krystalle sogleich nach dem Herausnehmen aus der Mutterlauge mit Hilfe von Löschpapier möglichst zu trocknen, so erhalten sie sich bei völligen Luftabschluß glänzend und durchsichtig. Erhitzt man sie in einer Glasröhre, so geben sie kein Wasser ab oder doch kaum so viel als dem geringen Rückhalte an eingeschlossener Mutterlauge entsprechen mag. Es läßt sich überhaupt das Salz auf keine Weise vollkommen von aller Mutterlauge befreien, da es sich unter der Hand durch Ammoniakverlust zersetzt. Daher mag es auch wohl kommen, daß die Analyse kein genaues Resultat gab. Dieselbe wurde so ausgeführt, daß das Salz in einer Glasröhre in einem Strome trockenen Wasserstoffgases geglüht und zu MO^2 reducirt wurde.

1,108 liefen auf diese Weise $0,695 \text{ MO}^2$ zurück = 62,73 Proc.

0,736	"	"	0,460	"	62,50	"
-------	---	---	-------	---	-------	---

1,024	"	"	0,638	"	62,30	"
-------	---	---	-------	---	-------	---

0,765	"	"	0,480	"	62,76	"
-------	---	---	-------	---	-------	---

dieser Rückstand müßte nach der Formel $\text{AmO} + \text{MO}^3$ ($\text{M} = 46$) 64,58 Proc. betragen. Es ist aber keine andere

rationelle Formel denkbar, welche mit dem Resultate besser stimmte. Schon $\text{AmO} + \text{MO}^3 + \text{HO}$ würde 59,05 Proc. MO^2 geben.

Ich überzeugte mich auch, daß dieses Salz, hinsichtlich der Form, mit demjenigen übereinstimmt, welches Svanberg und Struve aus der ammoniakalischen Lösung der Molybdänsäure durch Alkohol gefällt und als wasserfreies neutrales Salz erkannt hatten. Gerade dem Umstande, daß Sie das Salz aus Alkohol krystallisiren ließen, mag es zu verdanken seyn, daß Ihre Analyse genauer ausfiel.

Die Bildung dieses Salzes beruht offenbar nur auf der vorgängigen Entstehung des sauren, indem diesem letztern das basische Wasser entzogen und dafür Ammoniak geboten wird. Interessant ist es, daß in dem einen Falle absoluter Alkohol als Entwässerungsmittel dient, während nach meiner Erfahrung das Ammoniak, in höchst concentrirter Form, ebenfalls im Stande ist, diese Function zu übernehmen. — Das neutrale Salz ist leichter löslich als das saure; aber seine Lösung giebt beim Eindampfen natürlich nur dieses saure Salz.

Das Wolfram steht überhaupt und besonders auch in Bezug auf die Neigung, mit Ammoniak unter gewöhnlichen Umständen nur saures Salz zu bilden, dem Molybdän so nahe, daß ich Veranlassung nahm, auch die Darstellung von neutralem wolframsaurem Ammoniak in fester Form zu versuchen. Es gelang dieß aber weder durch Anwendung eines Ueberschusses von Ammoniak, noch durch Fällung mit Weingeist. Das saure wolframsaure Ammoniak scheint auch in concentrirtem Ammoniak nicht löslicher zu seyn als in Wasser.

IX. Ueber die Theorie der elektromagnetischen Maschinen; von J. Müller.

Diesen interessanten Gegenstand hat Jacobi neuerdings wieder bearbeitet, und eine Abhandlung darüber in dem *Bulletin de la classe physico-mathématique de l'académie de St. Petersbourg* T. IX. p. 289 publicirt; von welcher sich eine deutsche Uebersetzung in »Krönig's Journal Bd. III. S. 377« findet.

Hier giebt Jacobi endlich eine genügende und verständliche Entwicklung der bereits vor mehr als 10 Jahren von ihm über diesen Gegenstand ausgesprochenen Gesetze, welche bisher theils mißverstanden, theils ignorirt worden waren. — Wenn, wie Jacobi zeigt, Männer wie Steinhilber, Poggendorff u. s. w. die von ihm aufgestellten Gesetze nicht richtig gewürdigt haben¹⁾, wenn diese Gesetze, trotz ihrer Einfachheit, über 10 Jahre unbeachtet blieben und die Anerkennung nicht finden konnten, welche sie, wie sich herausstellt, allerdings verdienen, so wird Jacobi wohl selbst einräumen, daß daran seine Darstellungsweise viel verschuldet hat. Hätte er gleich die Entwicklung mitgetheilt, wie er sie jetzt veröffentlicht, so hätte ihm von Anfang an eine gerechte Anerkennung nicht fehlen können, und manche vergebliche Bemühung zur Construction elektromagnetischer Motoren wäre vielleicht unterblieben.

Ich nehme keinen Anstand einzugestehen, daß auch ich die Bedeutung seiner Gesetze völlig mißverstanden habe; und daß also Jacobi wohl ein Recht hat sich über die

1) Was mich betrifft, so muß ich diesen Vorwurf des Hrn. Jacobi auf Entschiedenste zurückweisen. Meine Betrachtungen in den Ann. Bd. 73, S. 347 haben mit den von ihm aufgestellten Gesetzen nichts zu schaffen, und das, was ich am Schlusse derselben über die Mißverständnisse bei den bisherigen Nutzenanwendungen der magnetischen Kraft gesagt habe, bedarf auch gegenwärtig keines Widerrufs.

Behandlung dieses Gegenstandes in meinem »Bericht über die neuesten Fortschritte der Physik« zu beklagen; ich will es ihm deshalb auch nicht verargen, daß er dagegen auch meinen Worten zum Theil eine unrichtige Deutung giebt.

Mit Vergnügen erkenne ich das Verdienst an, welches sich Jacobi durch Aufstellung dieses Gesetzes erworben hat. Sobald man dasselbe einmal richtig aufgefaßt hat, was nach den neuerdings gegebenen Erläuterungen durchaus nicht schwierig ist, kann man über den hohen wissenschaftlichen Werth und die große practische Bedeutung dieses Gesetzes nicht mehr zweifelhaft seyn.

Gegen einen Punkt der neuen Entwicklung nur, der jedoch das Hauptresultat nicht wesentlich ändert, glaube ich einen Einwurf machen zu müssen, den Jacobi bei näherer Betrachtung wahrscheinlich selbst als begründet anerkennen wird.

Es unterliegt wohl keinem Zweifel, daß, wenn die Enden einer Drahtspirale in leitender Verbindung stehen, die in dieser Spirale auf irgend eine Weise inducirten Ströme *caeteris paribus* der Summe der Leitungswiderstände in der Spirale und dem Verbindungsstück ihrer Enden umgekehrt proportional sind; ich glaube aber nicht, daß dieser Fall direct auf die elektromagnetischen Maschinen anwendbar ist, denn hier tritt ja der Inductionsstrom gar nicht als solcher auf; die Kräfte, welche unter andern Umständen einen Inductionsstrom hervorzurufen hätten, bewirken hier nur eine Schwächung des primären Stromes. Da nun der inducirte Strom hier nicht wirklich zur Entstehung kommt, da er nicht von Theilchen zu Theilchen in dem Spiraldraht fortschreitet, so hat er auch keinen Leitungswiderstand zu überwinden, und ich meine deshalb, daß die Stromschwächung von dem Leitungswiderstande des Schließungsboogens unabhängig seyn müsse, kurz daß man in Gleichung 7) der Jacobi'schen Abhandlung den Nenner ρ fortzulassen habe, daß man setzen müsse:

$$i, = x m' \beta v$$

Unter dieser Voraussetzung ergibt sich, wie ich in der eben erscheinenden 4. Auflage meines Lehrbuchs der Physik entwickelt habe, als Maximum des mechanischen Effectes:

$$T_0 = \frac{n^2 k^2}{4 x \varrho^3}$$

während Jacobi findet

$$T_0 = \frac{n^2 k^2}{4 x \varrho^3}$$

Nach meiner Gleichung wird der Werth von T_0 unverändert bleiben, wenn die elektromotorische Kraft der Säule in gleichem Verhältniss wächst wie der gesammte Leitungswiderstand; nach der jacobischen Formel wird man dagegen in diesem Falle eine Vergrößerung des mechanischen Effectes zu erwarten haben.

Es ist leicht durch das Experiment zu entscheiden, welche der beiden Formeln der Wahrheit entspreche. Man verbinde irgend einen elektromagnetischen Motor mit einer Säule, z. B. mit einer solchen, welche aus drei grossen Bunsenschen Bechern besteht, schalte in den Schliessungsbogen eine Tangentenbussole ein und merke den Stand derselben, während der Motor still gehalten wird. Ist dieß geschehen, so lasse man den Motor laufen und regulire die Belastung desselben so, daß die Tangente des an der Bussole beobachteten Ablenkungswinkels halb so groß ist als für den Ruhezustand. Der Apparat giebt jetzt das Maximum des mechanischen Effectes, welcher mit dieser Säule erreicht werden kann.

Nun verdoppele man die Zahl der Becher, vermehre aber gleichzeitig den Leitungswiderstand so, daß die Nadel der Tangentenbussole für den Ruhezustand genau dieselbe Stelle einnimmt, wie vorher; dann wird nach meiner Ansicht auch genau dasselbe Maximum des mechanischen Effectes erhalten werden müssen, während nach Jacobi's Formel eine Vermehrung und zwar eine Verdoppelung des mechanischen Effectes erwartet werden muß. Bei unveränderter Belastung müßte also nach Jacobi's Theorie der

Apparat bei verdoppelter elektromotorischer Kraft und verdoppeltem Gesamtleitungswiderstande schneller laufen als bei halb so viel.

Ich habe derartige Versuche mit einem Stöhrer'schen Apparat angestellt und habe gefunden, daß eine gleichzeitige Verdoppelung der elektromotorischen Kraft der Säule und des Gesamtwiderstandes durchaus keine Vergrößerung des mechanischen Effectes zur Folge hat.

Freiburg im Juli 1852.

X. *Ueber das Vorkommen von Zinn in Spanien;* *von E. L. Schubarth.*

In dem Aufsatz »Ueber die vermeintliche Kenntniß der Alten vom Platin« (Ann. Bd. 65, S. 622) habe ich nach Plinius's Erzählung mitgetheilt, daß in Galicien sich Kassiteros finde; Strabo führt an, es werde dort nicht allein an der Erdoberfläche gefunden, sondern bergmännisch gefördert. Seite 626 habe ich das Zeugniß von Hoppensack citirt, daß sich Zinnerz in Galicien findet. Die Londoner Ausstellung gab den letzten Beweis. Unter den Einsendungen aus Spanien waren Proben von Zinnerz aus der Provinz Orense, Lugo und Zamora, ebenso Zinn aus dem Werke Conso d'Albion (Orense) und von dem Werke St. Clotilda (Zamora).

Plinius bemerkt: in Spanien werde Waschgold gewonnen; dies ist auch heute noch der Fall, allein in unbedeutendem Umfange. Auf der Londoner Ausstellung befanden sich Proben von goldführendem Quarz von Cubera (Gerona), goldsandhaltendem aufgeschwemmtem Sand (Leon), desgl. aus Grenada.

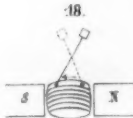
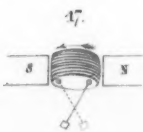
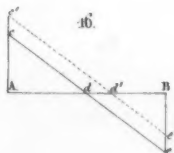
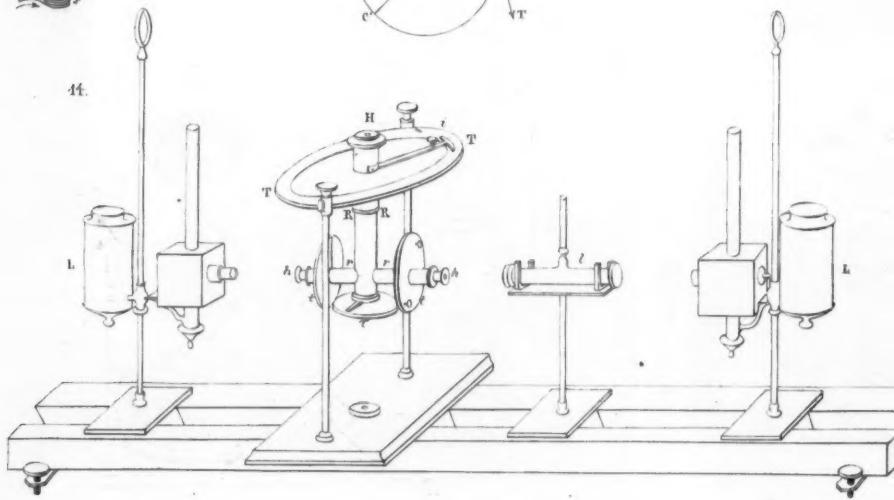
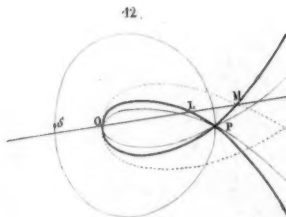
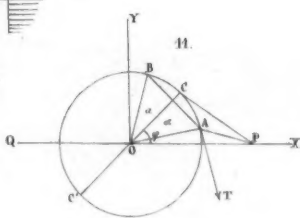
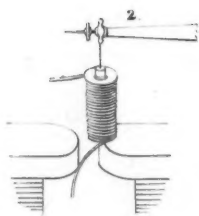
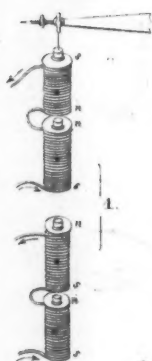
ver-
n als

chen
hzei-
säule
öfse-

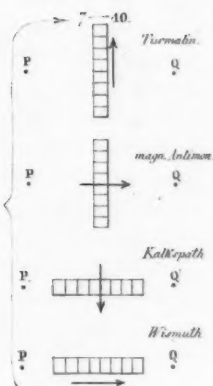
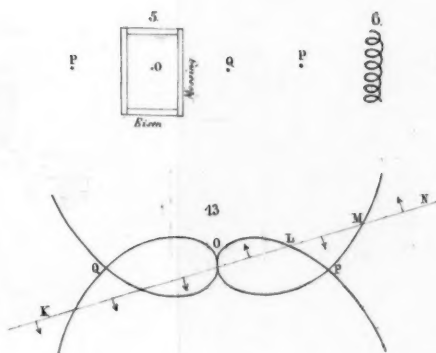
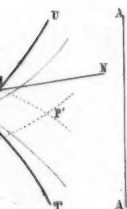
ien;

der
nach
Kas-
t al-
nisch
op-
Die
den
aus
aus
erke

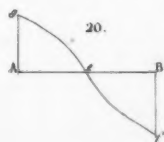
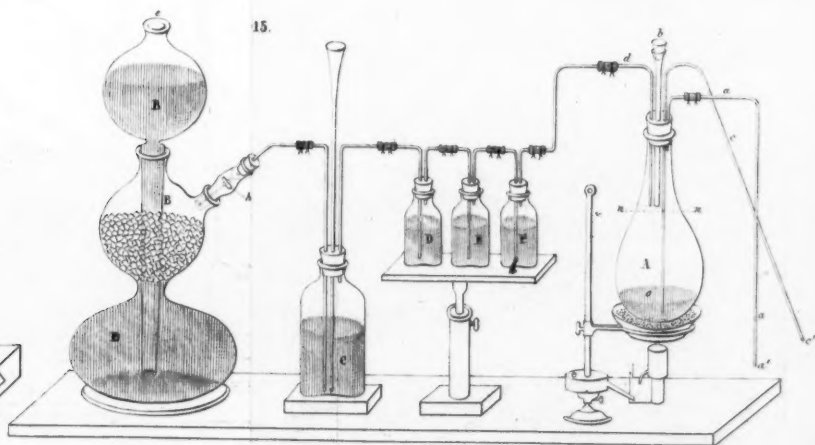
ge-
un-
lung
bera
eon),



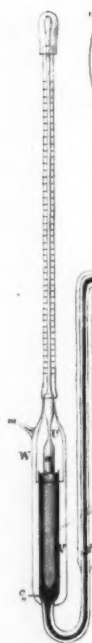
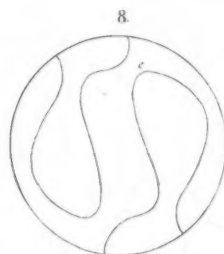
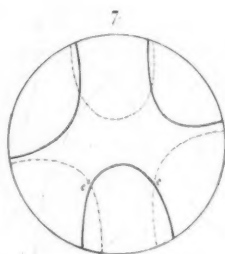
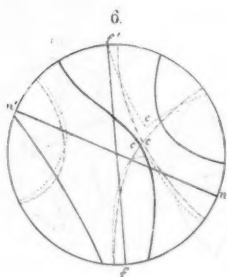
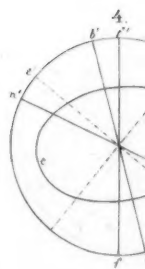
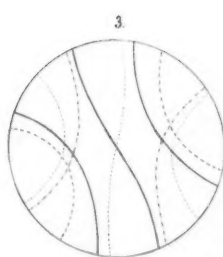
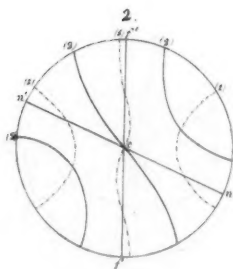
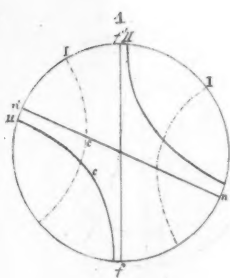
Guinand &c.



Tafel.

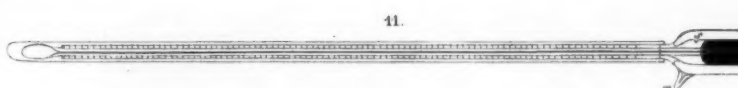


Ann. d. Phys. u. Chem. Bd. 80. 36 I.



42.

Appareil A.



Guinand & Co.

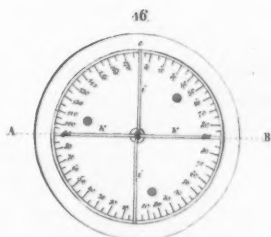
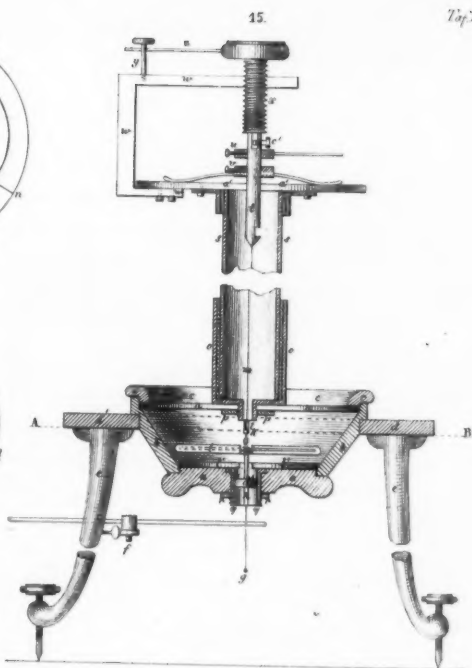
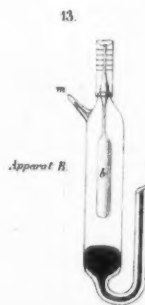
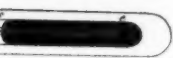
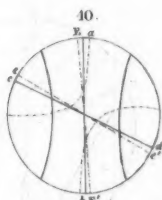
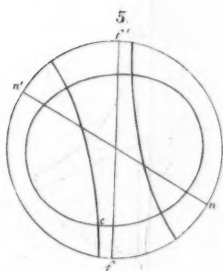


Fig. II.

